



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

“INSTALACIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL PARQUE CIRCULAR DE PREHOMOGENEIZACIÓN DE CALIZA EN LA EMPRESA UNIÓN CEMENTERA NACIONAL UCEM S.A. -PLANTA CHIMBORAZO”

CAPELO SEGOVIA SERGIO EUDORO

TRABAJO DE TITULACIÓN **TIPO: PROYECTO TÉCNICO**

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

**RIOBAMBA – ECUADOR
2018**

ESPOCH

Facultad de Mecánica

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2018-09-29

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

CAPELO SEGOVIA SERGIO EUDORO

Titulado:

**“INSTALACIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL PARQUE CIRCULAR
DE PREHOMOGENEIZACIÓN DE CALIZA EN LA EMPRESA UNIÓN
CEMENTERA NACIONAL UCEM S.A. -PLANTA CHIMBORAZO”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Fabián Eduardo Bastidas Alarcón
DIRECTOR

Ing. Edwin Fernando Viteri Núñez
MIEMBRO

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: CAPELO SEGOVIA SERGIO EUDORO

TRABAJO DE TITULACIÓN: “INSTALACIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL PARQUE CIRCULAR DE PREHOMOGENEIZACIÓN DE CALIZA EN LA EMPRESA UNIÓN CEMENTERA NACIONAL UCEM S.A. - PLANTA CHIMBORAZO”

Fecha de Examinación: 2018-12-06

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Diego Fernando Mayorga Pérez PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Fabián Eduardo Bastidas Alarcón DIRECTOR			
Ing. Edwin Fernando Viteri Núñez MIEMBRO			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES:

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Diego Fernando Mayorga Pérez
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

DERECHOS DE AUTORÍA

El Trabajo de Titulación que presento, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Capelo Segovia Sergio Eudoro

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Capelo Segovia Sergio Eudoro, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación.

Capelo Segovia Sergio Eudoro
Cedula de Identidad: 060394485-1

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a quienes han sido el pilar fundamental durante toda mi vida y gracias a ellos he llegado hasta aquí, a mis padres que siempre han sido mi guía en el camino de la vida, gracias mamá por toda la paciencia y amor que me ha sabido brindar en todos estos años que a veces siento que no merezco tanto amor, gracias papá por el arduo sacrificio que le ha representado el que haya llegado hasta aquí, también a mis hermanos Alejandro, Cristian y Estefanía con quienes hemos compartido y vivido siempre los buenos y malos momentos, siempre dándonos aliento para poder seguir. A quienes ya no están conmigo en este mundo, pero siempre tuve una palabra de aliento para seguir y no decaer hasta cumplir esta primera meta que abre muchas más que con su bendición desde el cielo las voy a seguir alcanzando. Finalmente, a todos mis amigos y compañeros que siempre han formado parte de este largo camino les agradezco infinitamente y espero seguir contando con todos ustedes.

Sergio Capelo Segovia

AGRADECIMIENTO

El más profundo agradecimiento a Dios por brindarme la vida y permitirme ser una mejor persona cada día, a la Escuela de Ingeniería Mecánica por las experiencias y conocimientos impartidos durante estos años de mi vida dentro de la misma, de manera especial al Ing. Fabián Bastidas e Ing. Edwin Viteri por ser quienes han sido un gran apoyo para la elaboración del presente trabajo de titulación, de igual manera a las personas que estuvieron a mi lado durante esta etapa llena de desafíos. Un eterno y sincero agradecimiento a la Unión Cementera Nacional UCEM S.A. en especial a mi tutor interno el Ing. Iván Gamero, por brindarme la oportunidad de realizar el presente trabajo de titulación dentro de las instalaciones y sobre todo por la ayuda y paciencia que me han tenido durante todo este tiempo.

Sergio Capelo Segovia

CONTENIDO

Pág.

RESUMEN SUMMARY

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Problema.....	3
1.3	Justificación.....	4
1.4	Objetivos.....	4
1.4.1	<i>Objetivo general.....</i>	<i>4</i>
1.4.2	<i>Objetivos Específicos</i>	<i>5</i>
2.	MARCO REFERENCIAL DE LA INSTALACIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL PARQUE CIRCULAR DE PREHOMOGENEIZACIÓN DE CALIZA.	6
2.1	Instalaciones industriales.....	6
2.1.1	<i>Montaje de máquinas industriales</i>	<i>6</i>
2.1.2	<i>Montaje Mecánico</i>	<i>8</i>
2.1.2.1	<i>Dibujo técnico industrial.....</i>	<i>8</i>
2.1.2.2	<i>Elementos de unión.....</i>	<i>9</i>
2.1.2.3	<i>Instrumentos de medición.....</i>	<i>13</i>
2.1.3	<i>Pasos para una instalación mecánica</i>	<i>14</i>
2.1.3.1	<i>Anclaje y nivelación.....</i>	<i>15</i>
2.1.3.2	<i>Instalar la máquina en sitio.....</i>	<i>16</i>
2.1.3.3	<i>Montaje de elementos secundarios.....</i>	<i>16</i>
2.1.3.4	<i>Comprobación de elementos mecánicos.....</i>	<i>17</i>
2.1.4	Instalaciones eléctricas.....	17
2.1.4.1	<i>Puntos importantes en instalaciones eléctricas.....</i>	<i>18</i>
2.1.4.2	<i>Protecciones eléctricas.....</i>	<i>20</i>
2.1.4.3	<i>Mecanismos para conexiones eléctricas</i>	<i>21</i>

2.1.4.4	<i>Canalizaciones.....</i>	21
2.1.4.5	<i>Motores eléctricos</i>	22
2.1.4.6	<i>Instrumentos de medición eléctricos</i>	22
2.1.5	<i>Calibración de los instrumentos de medida</i>	24
2.2	Verificación y pruebas de funcionamiento de equipos.....	25
2.2.1	<i>Verificación del equipo</i>	25
2.2.2	<i>Prueba del equipo</i>	26
2.3	Cemento Portland.....	26
2.3.1	<i>Materias primas</i>	28
2.3.1.1	<i>Componente calcáreo</i>	28
2.3.1.2	<i>Componentes de Arcillas</i>	29
2.3.1.3	<i>Componentes correctores</i>	30
2.3.2	<i>Etapas de la fabricación del cemento.....</i>	31
2.3.2.1	<i>Explotación de materias primas</i>	31
2.3.2.2	<i>Preparación y clasificación de las materias primas</i>	31
2.3.2.3	<i>Homogeneización</i>	31
2.3.2.4	<i>Clinkerización.....</i>	32
2.3.2.5	<i>Enfriamiento</i>	32
2.3.2.6	<i>Adiciones finales y molienda</i>	32
2.3.2.7	<i>Empaque y distribución</i>	32
2.3.3	<i>Prehomogeneización.....</i>	33
2.3.3.1	<i>Métodos de prehomogeneización</i>	34
2.4	Parque circular de Prehomogeneización de Caliza Polysius.	40
2.4.1	<i>Datos técnicos</i>	40
2.4.2	<i>Componentes de la máquina</i>	41
2.4.2.1	<i>Sistema de rastrillo</i>	43
2.4.2.2	<i>Brazo de la Cinta Apiladora.....</i>	43
2.4.2.3	<i>Columna central</i>	43
2.4.2.4	<i>Rascador de Cadena.....</i>	44
2.4.2.5	<i>Viga Puente.....</i>	44
2.4.2.6	<i>Mecanismo de traslación.....</i>	45

3.	INSTALACIÓN DEL PARQUE CIRCULAR DE PREHOMOGENEIZACIÓN DE CALIZA	46
3.1	Procedimientos para la instalación del parque circular de prehomogeneización	47
3.1.1	<i>Cimentación</i>	47
3.1.2	<i>Preensamble de la tolva de descarga.....</i>	47
3.1.3	<i>Ubicación en sitio de la tolva de descarga</i>	48
3.1.4	<i>Preensamble del apoyo fijo de la columna central</i>	50
3.1.5	<i>Ubicación en sitio del apoyo fijo de la columna central.....</i>	51
3.1.6	<i>Preensamble de la parte II de la columna central</i>	54
3.1.7	<i>Montaje del rodamiento I de la columna central</i>	55
3.1.8	<i>Ubicación en sitio parte II de la columna central</i>	56
3.1.9	<i>Preensamble parte III columna central</i>	57
3.1.10	<i>Montaje del rodamiento II de la columna central</i>	59
3.1.11	<i>Ubicación en sitio de la parte III de la columna central.....</i>	60
3.1.12	<i>Montaje del rodamiento III de la columna central</i>	62
3.1.13	<i>Ubicación en sitio de la parte final de la columna central.....</i>	63
3.1.14	<i>Preensamble de la viga puente</i>	64
3.1.15	<i>Preensamble del carro del rastrillo</i>	68
3.1.16	<i>Preensamble del rastrillo</i>	70
3.1.17	<i>Preensamble de la cinta apiladora</i>	72
3.1.18	<i>Montaje de la cinta apiladora en la columna central.....</i>	75
3.1.19	<i>Montaje de la viga puente con la columna central.....</i>	76
3.1.20	<i>Preensamble del bugie de traslación</i>	78
3.1.21	<i>Alineación y soldadura de rieles</i>	79
3.1.22	<i>Montaje del bugie sobre los rieles y viga puente</i>	83
3.1.23	<i>Montaje del carro del rastrillo sobre la viga puente</i>	83
3.1.24	<i>Montaje de la estructura en celosía del rastrillo.....</i>	84
3.1.25	<i>Ensamble del rascador de cadena en la viga puente</i>	85
3.2	Pruebas de funcionamiento.....	90
3.3	Seguridad industrial para montaje y pruebas de funcionamiento del parque circular de prehomogeneización de caliza	94
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	96
4.1	Conclusiones.....	96
4.2	Recomendaciones.....	99

BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1-1: Importación de clinker por año.....	3
Tabla 1-2: Resistencia del hormigón según su aplicación	15
Tabla 2-2: Composición química del cemento Portland	27
Tabla 3-2: Composición química de diversas calizas	29
Tabla 4-2: Composición aproximada de caliza, marga y arcilla	30
Tabla 5-2: Composición por ciento del cemento	30
Tabla 6-2: Datos técnicos del parque circular de prehomogeneización.....	40
Tabla 1-4: Componentes del parque circular de prehomogeneización.	96
Tabla 2-4: Comparación entre sistemas de prehomogeneización.	99

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1-2: Diagrama de Montaje de máquinas industriales	7
Figura 2-2: a) Plano de Conjunto b) Dibujo de Detalle c) Planos de Construcción	9
Figura 3-2: Sujeción de tornillo con tuerca.....	10
Figura 4-2: Soldadura con arco.....	11
Figura 5-2: Soldadura SMAW	12
Figura 6-2: Soldadura FCAW	12
Figura 7-2: Cinta métrica.....	13
Figura 8-2: Calibrador pie de rey.....	13
Figura 9-2: Reloj comparador.....	14
Figura 10-2: Nivel de precisión	14
Figura 11-2: a) Anclaje tipo HSA b) Soporte Antivibratorio	15
Figura 12-2: Transporte de maquinaria industrial	16
Figura 13-2: Esquema de instalación eléctrica	18
Figura 14-2: Barras colectoras.....	18
Figura 15-2: Código de colores en conductores	19
Figura 16-2: Bornes	21
Figura 17-2: Multímetro	23
Figura 18-2: Amperímetro	23
Figura 19-2: Voltímetro.....	24
Figura 20-2: Óhmetro	24
Figura 21-2: Proceso de fabricación de cemento.....	33
Figura 22-2: Estructura a dos aguas del lecho de mezcla (método Chevron).....	35
Figura 23-2: Estructura por filas de un lecho de mezcla (método Windrow).....	36
Figura 24-2: Representación de un lecho de mezcla formado por capas.....	36
Figura 25-2: Sección de un lecho de mezcla formado por franjas longitudinales	37
Figura 26-2: Apilamiento continuo de un lecho de mezcla	37
Figura 27-2: Apilamiento alternativo de un lecho de mezcla	37
Figura 28-2: Método circular de apilamiento (Chevcon)	38
Figura 29-2: Rascador para demolición de un lecho de mezcla	39
Figura 30-2: Noria de cangilones.....	39

Figura 31-2: Componentes principales del parque circular de prehomogeneización	42
Figura 1-3: Procedimiento para la instalación del parque circular de prehomogeneización	46
Figura 2-3: Cimentación terminada del parque de prehomogeneización	47
Figura 3-3: Tolva de descarga preensamblada.....	48
Figura 4-3: Transporte de la tolva a su sitio definitivo	49
Figura 5-3: Tolva de descarga ubicada en sitio	49
Figura 6-3: Apoyo fijo con sus componentes no acoplados	50
Figura 7-3: Apoyo fijo preensamblado	51
Figura 8-3: Pernos de sujeción del apoyo fijo de la columna central	52
Figura 9-3: Apoyo fijo instalado en sitio	53
Figura 10-3: Refuerzo en los soportes del apoyo fijo	53
Figura 11-3: Parte II de la columna central preensamblada	54
Figura 12-3: Soporte de acople entre columna central con la viga puente	55
Figura 13-3: Rodamiento I.....	55
Figura 14-3: Rodamiento I instalado	56
Figura 15-3: Parte II columna central instalada	57
Figura 16-3: Parte III columna central antes del preensamble	58
Figura 17-3: Parte III de la columna central preensamblada	58
Figura 18-3: Chute de ingreso de material al parque de prehomogeneización.....	59
Figura 19-3: Rodamiento II de la columna central	59
Figura 20-3: Rodamiento II montado	60
Figura 21-3: Acople entre rodamiento II y parte III de la columna central	61
Figura 22-3: Parte III de la columna central en sitio	61
Figura 23-3: Rodamiento III	62
Figura 24-3: Rodamiento III montado	63
Figura 25-3: Soldadura de apoyos deslizantes.....	63
Figura 26-3: Limpieza donde va el rodamiento III.....	64
Figura 27-3: Parte final de la columna central montada	64
Figura 28-3: Partes de viga puente en campo	65
Figura 29-3: Ubicación en campo de partes de viga puente	65
Figura 30-3: Junta temporal viga puente	66
Figura 31-3: Cambel de la viga puente	67
Figura 32-3: Unión rigidizada de viga puente	67
Figura 33-3: Unión final de viga puente	68
Figura 34-3: Inicio del preensamble del carro de rastrillo	69
Figura 35-3: Inicio del preensamble del carro de rastrillo	69
Figura 36-3: Rastrillo en campo para su preensamble.....	70

Figura 37-3: Placas guías para ensamble	71
Figura 38-3: Rastrillo punteado	71
Figura 39-3: Cambel del rastrillo.....	71
Figura 40-3: Colocación de la estructura de sacrificio en rastrillo	72
Figura 41-3: Estructura soporte de la cinta apiladora	72
Figura 42-3: Estructura soporte de la cinta apiladora punteada.....	73
Figura 43-3: Tambor de accionamiento	73
Figura 44-3: Tambor conducido	74
Figura 45-3: Montaje de rodillos de transporte.....	74
Figura 46-3: Cinta apiladora montada en columna central	75
Figura 47-3: Conexión de cinta apiladora con columna central	76
Figura 48-3: Viga puente sujeta sobre estructura falsa	76
Figura 49-3: Columna central montada la viga puente	77
Figura 50-3: Viga puente montada en columna central	77
Figura 51-3: Limpieza de la carcasa del bugie de traslación	78
Figura 52-3: Bugie de traslación preensamblado.....	79
Figura 53-3: Colocación en campo de los rieles	79
Figura 54-3: Colocación de pernos de fijación en rieles.....	80
Figura 55-3: Aplicación de grouting.....	80
Figura 56-3: Unión soldada de rieles.....	81
Figura 57-3: Elaboración de estructura para cimentación de rieles	81
Figura 58-3: Cimentación de la estructura con los rieles.....	82
Figura 59-3: Alineación y soldadura de rieles terminado	82
Figura 60-3: Bugie de traslación montado en rieles y viga puente.....	83
Figura 61-3: Grúa para izaje del carro del rastrillo.....	83
Figura 62-3: Carro del rastrillo ubicado sobre la viga puente.....	84
Figura 63-3: Celosía de rastrillo colocado en sitio	84
Figura 64-3: Estructura soporte del rascador de cadena	85
Figura 65-3: Estructura soporte del rascador de cadena	85
Figura 66-3: Soldadura de rieles para cadena con cangilones	86
Figura 67-3: Ruedas conducidas del rascador de cadena.....	86
Figura 68-3: Cadena del rascador	87
Figura 69-3: Cangilones ubicados en la cadena.....	87
Figura 70-3: Actuador multivuelas de la columna central.....	88
Figura 71-3: Motorreductor del carro del sistema de rastrillo	88
Figura 72-3: Grupo motriz de la cinta apiladora.....	89
Figura 73-3: Grupo motriz bugie de traslación.....	89

Figura 74-3: Grupo motriz del rascador de cadena.....	90
Figura 75-3: Parque circular de prehomogeneización listo para pruebas de funcionamiento ...	90
Figura 76-3: Prueba de la cinta apiladora	91
Figura 77-3: Prueba de inclinación del brazo de la cinta apiladora	91
Figura 78-3: Prueba de traslación circular del brazo de la cinta apiladora	92
Figura 79-3: Prueba de traslación del sistema de rastrillo	92
Figura 80-3: Prueba de traslación circular de la viga puente.....	92
Figura 81-3: Prueba del rascador de cadena	93
Figura 82-3: Prueba con carga de todo el sistema de prehomogeneización	93
Figura 83-3: EPP requerido dentro del proyecto	94
Figura 84-3: EPP utilizado por los obreros dentro del proyecto.....	95
Figura 85-3: Señalética dentro del proyecto	95

LISTA DE ABREVIACIONES

AC	Corriente Alterna
CC	Corriente Continua
AWS	Asociación Americana de Soldadura
CaCO₃	Carbonato de Calcio
SMAW	Soldadura de arco con electrodo revestido
FCAW	Soldadura de arco con electrodo tubular con núcleo de fundente
WPS	Especificación de procedimiento de soldadura (Welding Procedure Specification)
EPP	Equipo de protección personal

LISTA DE ANEXOS

Anexo A	Tabla de torques de apriete según tamaño y calidad de pernos
Anexo B	Norma ISO 898-1 “Propiedades mecánicas de elementos de fijación fabricados en acero al carbono y aleaciones”
Anexo C	Norma AWS D1.1 “Código de soldadura para estructuras de acero”
Anexo D	Características del perfil del riel circular (54 E1)
Anexo E	Catálogo de EPP utilizado (3M)
Anexo F	Diagrama de flujo y tiempo del montaje total
Anexo G	Diagrama de flujo y tiempo del montaje de la columna central
Anexo H	Diagrama de flujo y tiempo del montaje de la viga puente
Anexo I	Diagrama de flujo y tiempo del montaje del sistema de rastrillo
Anexo J	Diagrama de flujo y tiempo del montaje de la cinta apiladora
Anexo K	Diagrama de flujo y tiempo del montaje de los rieles
Anexo L	Diagrama de flujo y tiempo del montaje del rascador de cadena
Anexo M	Diagrama de flujo y tiempo del montaje del bugie de traslación
Anexo N	WPS para la viga puente
Anexo O	WPS para rieles circulares

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de titulación es la instalación del parque circular de prehomogeneización de caliza dentro de la nueva línea de clinkerización en la empresa Unión Cementera Nacional UCEM S.A., en la planta Chimborazo. Para la elaboración del proyecto técnico se estudió el funcionamiento y los elementos que constituyen el sistema de prehomogeneización de la caliza, misma que ocupa del 80% al 85% dentro de los componentes necesarios para la elaboración del clinker, este es considerado como el elemento fundamental en la fabricación de cemento Portland. Durante la instalación se aplicó la secuencia de montaje suministrada por el fabricante que en este caso es Polysius, empresa alemana que provee equipos para la industria cementera. Se usó principalmente procesos de soldadura GMAW y FCAW en la unión de los elementos de una forma definitiva, mientras que, en juntas desmontables, se empleó el sistema de uniones empernadas aplicando el torque de apriete establecido en el manual, según el diámetro y calidad de cada perno. En el traslado de los componentes al campo y a su ubicación definitiva, se utiliza grúas de cien toneladas de capacidad, acorde al elemento a ser transportado se empleó de una a tres según el caso. Al verificar la correcta instalación, se realizan pruebas de funcionamiento para detectar posibles anomalías en la operación de cada componente del equipo, respetando las normas de seguridad establecidas para este proceso. Se obtuvo un equipo con una capacidad de almacenamiento de 31000 toneladas, una capacidad de apilado de 1200 ton/h y 400 ton/h de desapilado, siendo así, superior a la usada actualmente. Es recomendable seguir las directrices de uso, suministradas por el fabricante y un minucioso plan de mantenimiento para asegurar que el equipo dentro de la línea de clinkerización aumente su vida útil.

Palabras clave: <TECNOLOGÍAS Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INGENIERÍA MECÁNICA>, <MONTAJE>, <CEMENTO PORTLAND>, <CLINKER>, <PREHOMOGENEIZACIÓN>, <PARQUE CIRCULAR>, <CALIZA>, <SOLDADURA>, <JUNTAS EMPERNADAS>.

ABSTRACT

The objective of the present graduation work is the installation of the circular limestone pre-homogenization park within the new clinkerization line in the company Unión Cementera Nacional UCEM S.A., in the Chimborazo plant. For the elaboration of the technical project it was studied the functioning and the elements that constitute the system of pre-homogenization of the limestone, same that occupies from 80% to 85% within the necessary components for the elaboration of the Clinker, this is considered as the fundamental element in the manufacture of Portland cement. During the installation, the assembly sequence supplied by the manufacturer was applied, in this case Polysius, a German company that supplies equipment for the cement industry. It was used mainly welding processes GMAW and FCAW in the joining of the elements in a definitive way, while, in removable joints, the bolted joints system was functional applying the tightening torque established in the manual, according to the diameter and quality of the joints of each bolt. In the transfer of the components to the field and its final location, tow trucks of one hundred tons of capacity are used, permitting the element to be transported, one to three were used according to the case. When verifying the correct installation, performance tests are performed to detect possible anomalies in the operation of each component of the equipment, respecting the safety standards established for this process. An equipment with a storage capacity of 31,000 tons, a stacking capacity of 1200 tons / hour and 400 tons / hour of non-shelled stacking was obtained, which is higher than the one currently used. It is advisable to follow the guidelines for use, supplied by the manufacturer and a thorough maintenance plan to ensure that the equipment within the clinkering line increases its useful life.

KEYWORDS: <TECHNOLOGIES AND ENGINEERING SCIENCES> <MECHANICAL ENGINEERING>, <ASSEMBLY>, <PORTLAND CEMENT>, <CLINKER>, <PREHOMOGENIZATION>, <CIRCULAR PARK>, <LIMESTONE>, <WELDING>, <SEALED JOINTS>.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN.

1.1 Antecedentes.

Desde que el hombre dejó las cavernas ha buscado el mejorar su calidad de vida y con ello su habitabilidad. Guiado siempre por su impulso, creatividad e imaginación el hombre ha buscado nuevos elementos y materiales que lo ayuden a realizar construcciones de acuerdo con sus deseos y necesidades, dando el inicio a las construcciones de la edad antigua, donde se ven vestigios de la utilización de materiales cementantes. (VIDAUD, 2013)

Desde la antigüedad hemos utilizado pastas y morteros elaborados esencialmente con arcilla, greda, cal y yeso para juntar mampuestos en nuestras edificaciones. El cemento se empezó a usar desde la Grecia Antigua utilizando tobas de origen volcánicas extraídas de la isla de Santorini, que son considerados como los primeros cementos naturales. En el siglo XX inicia el auge de la industria del cemento, debido a los trabajos de investigación de los químicos franceses Vicat y Le Chatelier y del alemán Michaelis, que logran conseguir un cemento de calidad homogénea, tanto con el horno rotatorio para calcinación, Molinos Tubulares y Verticales. (WIKIPEDIA, 2017)

En 1759 John Smeaton ingeniero del Reino Unido desarrolló un mortero que ayudó a juntar bloques de piedra del faro de Eddystone. Años después James Parker crea un nuevo cemento de manera accidental al quemar piedras calizas y carbón, se lo denominó cemento romano ya que se suponía que fue el utilizado en la época romana, se patentó y utilizó en diversas obras en el Reino Unido. (IECA, (Instituto Español del Cemento y sus aplicaciones), 2017)

En 1824 James Parker y Joseph Aspdin patentan un nuevo cemento hidráulico sintético, realizado por la combustión de piedra caliza y carbón, el cual se denominó “Portland Cement” por su tonalidad oscura, similar a la piedra de la isla de Portland. En sus inicios no fue muy utilizado por su complejo procedimiento de elaboración, que encareció su producción. (IECA, (Instituto Español del Cemento y sus aplicaciones), 2017)

El cemento Portland es un material que tiene una naturaleza inorgánica que posee propiedades hidráulicas, es decir, que tiene una reacción al contacto con el agua, y así produciendo una matriz adhesiva que combinada con otros materiales se utiliza como material compuesto para estructuras. (GOMEZ DE LA TORRE, 2003)

La principal materia prima para la elaboración de cemento es el clinker, material que es fabricado mediante la utilización y dosificación de materias primas de origen natural (piedra caliza, arcilla y lutita), cuya mezcla en proporciones correctas es secada, molida, sometida a un proceso de cocción a alta temperatura, enfriamiento rápido y trituración. (UCEM, 2015)

En el parque circular de prehomogeneización la piedra caliza previamente triturada se almacena en varias capas uniformes para posteriormente ser seleccionadas de una forma controlada, buscando que el contenido de Carbonato de Calcio (CaCO_3) en la misma tenga una menor variabilidad antes de entrar a un proceso de dosificado. La prehomogeneización nos permite preparar la piedra caliza para obtener una dosificación adecuada de los diferentes componentes constitutivos reduciendo así su variabilidad. (ZABALETA GARCIA, 2012)

Los orígenes en América Latina de la industria del cemento nos remontan a 1872, en Rosario (Argentina) se monta una pequeña fábrica que producía cemento romano para el consumo del mercado local. No obstante, el nacimiento del cemento Portland nos lleva a la Habana (Cuba) en 1895, fueron unos inicios poco prometedores ya que trabajaban con un equipo modesto y con una producción de 20 toneladas diarias, lo que generó que paren sus operaciones en 1910. (TAFENELL, 2006)

Ecuador en el año 1923 la Compañía Anónima de Industrias y Construcciones montó en el Estero Salado, cerca de Guayaquil la primera fábrica de cemento con una capacidad de 20000 toneladas anuales. (TAFENELL, 2006) En estos momentos nuestro país cuenta con tres empresas dedicadas a la elaboración de cemento que son HOLCIM, UNACEM y UCEM, cada una con una participación en el mercado nacional de 59%, 23% y 18% respectivamente. (INECYC, (Instituto Ecuatoriano del cemento y del hormigón), 2017)

La empresa Unión Cementera Nacional UCEM nace en Septiembre del 2013 tras unión de las compañías Industrias Guapán S.A. y Cemento Chimborazo C.A. con el fin de convertirse en una empresa sólida en el mercado nacional, además de contar como accionista a la empresa Yura perteneciente al grupo Gloria del Perú, quienes invirtieron USD 230 millones para la construcción de la nueva línea de clinkerización que ayudará a la reducción de importación de 2400 toneladas de clinker con lo que se obtendrá un ahorro aproximado de USD 75 millones al año. (MARQUÉZ, 2015)

En el año 2013 la Unión Cementera Nacional UCEM inició la operación de un nuevo molino de cemento con mayor capacidad de producción (100 Ton/h), lo que incrementó la necesidad de clinker. Aproximadamente el 65 % del cemento producido es clinker. (UCEM, 2015)

Debido a los altos volúmenes de importación de clinker, la Unión Cementera Nacional UCEM ha visto la necesidad de implementar una nueva línea de clinkerización en su Planta Chimborazo. Y con esto lograr una mayor capacidad de producción de clinker, materia prima empleada para elaborar cemento.

La nueva línea contará con un parque circular de prehomogeneización de caliza que nos ayudará a obtener una menor variabilidad en la caliza y posteriormente en el cemento.

1.2 Problema.

En estos últimos años Ecuador ha experimentado una considerable alza en su producción de cemento debido a la demanda que presenta, entre el 2007 y el 2012, el crecimiento fue del 7% anual. Y en el 2013, llegó a 10%, con 6,6 millones de toneladas anuales, (LÍDERES, 2013) con este incremento surgió la necesidad de producir mayores cantidades de clinker, principal materia prima empleada en la elaboración de cemento. La capacidad de producción actual en relación con la demanda ha hecho que esta cantidad no sea suficiente, obligando a recurrir a la importación de cantidades cada vez mayores de clinker mostrada en la Tabla 1-1: (INECYC, (Instituto Ecuatoriano del cemento y del hormigón), 2017)

Tabla 1-1: Importación de clinker por año

Año	Clinker (Tm)
2000	0
2002	169,09
2004	8,38
2006	117 975,41
2010	92 585,9
2012	657 942,97
2014	890 415,99

Realizado por: Autor, 2018

Fuente: (INECYC, (Instituto Ecuatoriano del cemento y del hormigón), 2017)

La Unión Cementera Nacional UCEM ante este problema decide implementar una nueva línea de clinkerización buscando reducir los costos en la importación y elaboración de clinker.

Dentro de la nueva línea se implementará un parque circular de prehomogeneización que sigue el método Chevcon, también conocido como apilamiento sin fin, es una combinación entre el método Chevron (apilamiento a dos aguas) y el método de pilas cónicas, este método sólo se lo puede realizar cuando se usa lechos de mezcla circular. Este equipo formará parte de la nueva línea por lo que una adecuada y minuciosa instalación garantizará un buen funcionamiento y larga vida útil en la planta.

1.3 Justificación.

La Unión Cementera Nacional UCEM con el afán de minimizar la importación de clinker que se ha generado por la demanda nacional de cemento y buscando una disminución en los costos que generan la importación de clinker se ha visto conveniente el montaje de una nueva línea de clinkerización con una capacidad de 2600 ton/día (SACYR, 2016) para el suministro de la planta de cemento ya existente en la Planta Chimborazo, con esto suplir la demanda nacional de cemento y evitar la salida de divisas que esto conlleva.

Dentro de la nueva línea de clinkerización se ha visto como la mejor opción por sus prestaciones y beneficios un parque circular de prehomogeneización de caliza que nos ayude a tener la menor variabilidad posible en la principal materia prima del clinker que es la piedra caliza, por lo que una correcta instalación siguiendo las indicaciones del fabricante y aplicando los conocimientos adquiridos dentro de la escuela de Ingeniería Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo dejará como resultado que el equipo funcione de acuerdo a las especificaciones técnicas con las que fue diseñado, con el presente trabajo de titulación se busca obtener un correcto funcionamiento y una vida útil de aproximadamente 50 años dentro de la nueva línea de clinkerización.

La Unión Cementera Nacional UCEM acorde a su política de cooperación y solidaridad con la comunidad y sobre todo con los centros de educación superior firma un convenio con la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo para que sus estudiantes realicen sus prácticas pre-profesionales dentro de la empresa. En mi calidad de pasante la empresa acepta bajo los términos del convenio vigente entre la misma y la ESPOCH la realización del presente trabajo de titulación dentro de sus instalaciones, para ello se realiza un convenio entre la Unión Cementera Nacional UCEM y Sergio Capelo Segovia para la realización del presente trabajo de titulación donde se estipulan tanto las obligaciones de la Unión Cementera Nacional y el estudiante.

1.4 Objetivos.

1.4.1 *Objetivo general*

Instalar y realizar pruebas de funcionamiento del parque circular de prehomogeneización de caliza en la Empresa Unión Cementera Nacional UCEM S.A. Planta Chimborazo.

1.4.2 *Objetivos Específicos*

- Estudiar el proceso de funcionamiento del Parque Circular de Prehomogeneización de Caliza.
- Analizar los sistemas y partes constitutivas del Parque Circular de Prehomogeneización de Caliza.
- Analizar los requerimientos y necesidades para la instalación del Parque Circular de Prehomogeneización de Caliza.
- Realizar las pruebas del correcto funcionamiento del Parque Circular de Prehomogeneización de Caliza.

CAPÍTULO II

2. MARCO REFERENCIAL DE LA INSTALACIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL PARQUE CIRCULAR DE PREHOMOGENEIZACIÓN DE CALIZA.

En el presente capítulo se tiene como objetivo la recopilación y análisis de la información disponible, respetando la confidencialidad de la empresa referente a las tecnologías y metodologías para la instalación y pruebas de funcionamiento del parque circular de prehomogeneización de caliza, para la determinación de los parámetros más acertados, los mismos que servirán como punto de partida para el desarrollo y elaboración de los procedimientos y especificaciones propuestos dentro de esta instalación.

2.1 Instalaciones industriales.

La instalación de maquinaria industrial se centra principalmente en el correcto montaje de los diversos elementos constitutivos de cada máquina que se esté implementando en una planta industrial tanto mecánicos, eléctricos, hidráulicos, neumáticos, una correcta interpretación de planos, diagramas y documentación técnica suministrada por el fabricante, además de las pruebas de funcionamiento y corrección de posibles defectos. (MEDIAVILLA & CHURUCHUMBI, 2013)

Al momento de realizar la instalación y montaje de una máquina industrial, el encargado de realizar esta instalación se ha de enfrentar, en la mayoría de las ocasiones a un trabajo multidisciplinario en el cual se requiere la destreza y dominio de técnicas que son requeridas para cada montaje. (COMESAÑA, 2004, p. 3)

2.1.1 *Montaje de máquinas industriales*

Dentro del diagrama que tenemos en la Figura 1-2 se describe paso a paso la secuencia que debemos tomar en cuenta para la instalación de maquinaria nueva dentro de un proceso industrial, tomando en cuenta cada uno de estos pasos se debe hacer una verificación previa a cada uno de los mismos para evitar posibles errores ocasionados en el paso anterior y con ello evitar una acumulación de errores al final del montaje de todos los componentes constitutivos de la máquina a montar.



Figura 1-2: Diagrama de Montaje de máquinas industriales

Fuente: (COMESAÑA, 2004, p. 153)

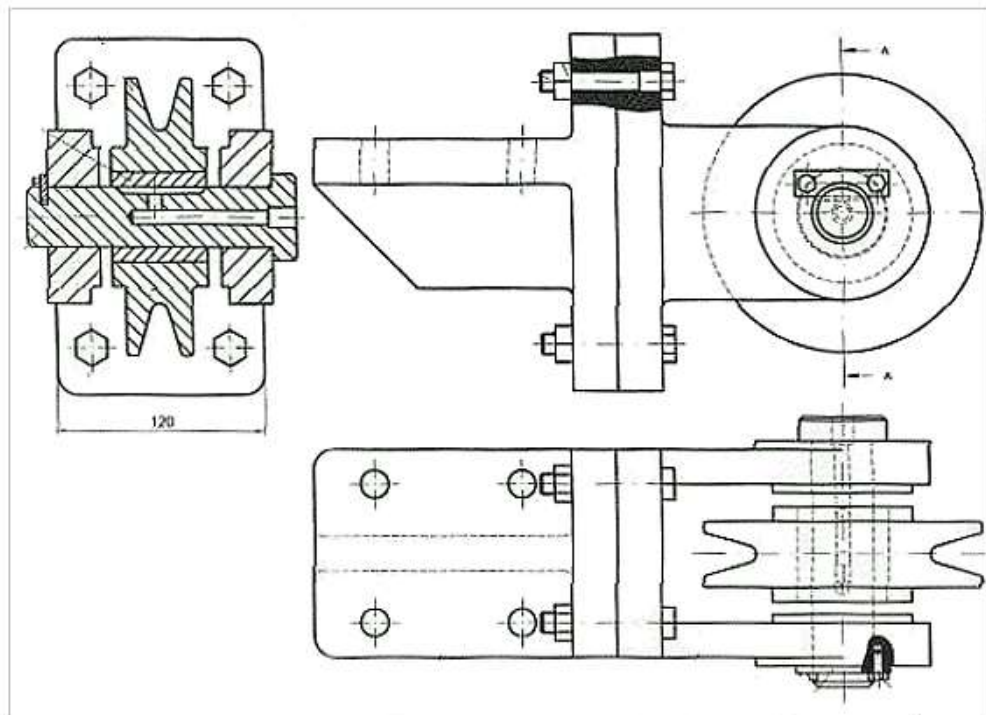
2.1.2 Montaje Mecánico

Una instalación mecánica es el proceso de armado de las piezas mecánicas acopladas o unidas entre sí, esto se realiza con la adecuada interpretación de planos tanto constructivos como de montaje y de detalle, además de la documentación técnica suministrada por el fabricante esto nos ayuda a un correcto montaje y posterior adecuado funcionamiento de la máquina a ser montada. (MEDIAVILLA & CHURUCHUMBI, 2013, p. 33)

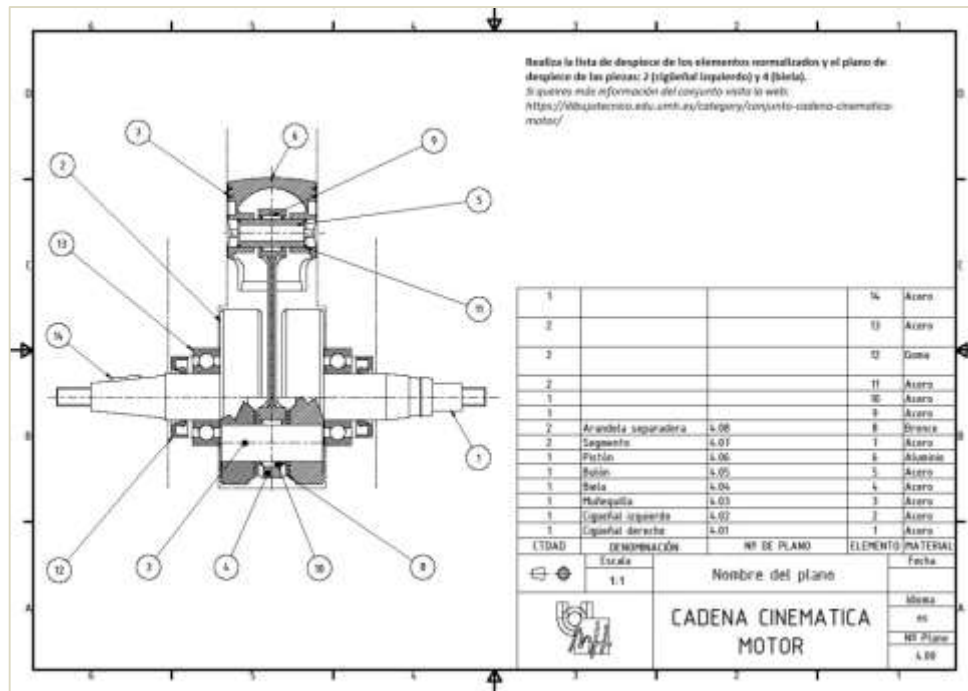
En la presente instalación nos vamos a ayudar de varias herramientas que son necesarias para una correcta ejecución de esta. Entre las principales con las que nos vamos a ayudar serán las siguientes:

2.1.2.1 Dibujo técnico industrial

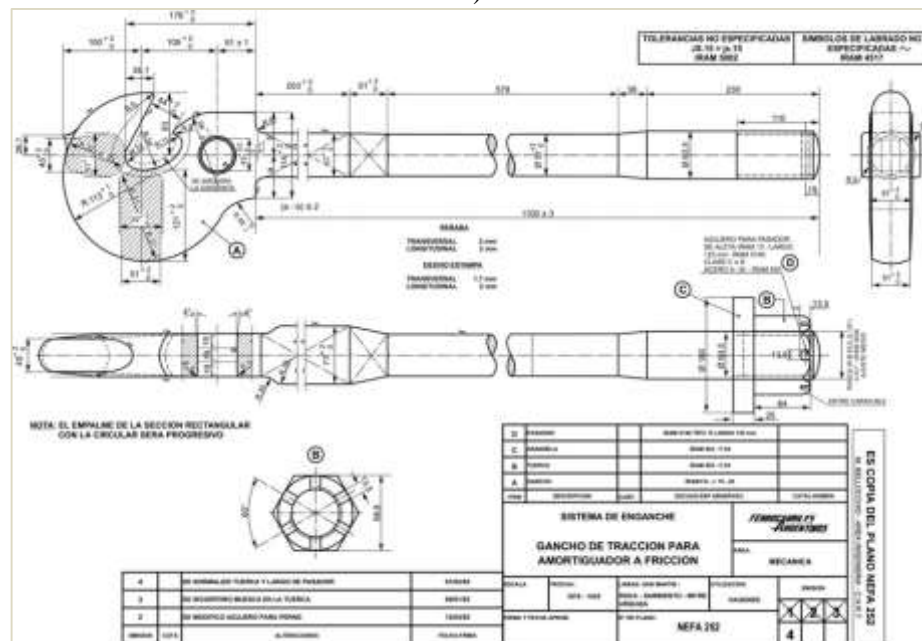
Es una representación gráfica y a escala de componentes, conjuntos de piezas, mecanismos o sistemas que componen una máquina. Se realiza el dibujo de piezas sueltas y planos de conjunto para el montaje de distintos elementos de máquinas, aparatos e instalaciones de toda clase. (MEDIAVILLA & CHURUCHUMBI, 2013, p. 33)



a)



b)



c)

Figura 2-2: a) Plano de Conjunto b) Dibujo de Detalle c) Planos de Construcción

Fuente: (ULHI, 2010), (HERNÁNDEZ, 2014), (AEC SHIFT, 2017)

2.1.2.2 Elementos de unión

Según el tipo de montaje mecánico que vayamos a realizar, las piezas las podemos unir de 2 maneras fundamentales que son: por uniones desmontables o por uniones permanentes. (MEDIAYILLA & CHURUCHUMBI, 2013, p. 39)

Uniones desmontables

Las uniones desmontables se usan en el caso que se pretenda separar los elementos “conectados” entre sí con cierta facilidad, las uniones desmontables más comunes de tipo mecánicas utilizadas para unir elementos de un sistema son del tipo roscados, tales como los tornillos, pasadores, roscas y tuercas. (Tiposde.online, 2018)

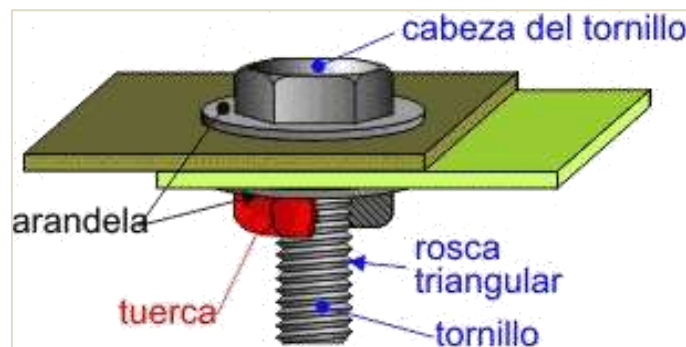


Figura 3-2: Sujeción de tornillo con tuerca

Fuente: (CNICE, 2006)

El tornillo en realidad funciona como un mecanismo de desplazamiento (el sistema tuerca-tornillo transforma el movimiento giratorio en longitudinal) pero su función básica es la de ser una unión desmontable. Combinada con la tuerca permite comprimir entre sí misma y la cabeza del tornillo, es usual que se utilice arandelas con una doble función, la de proteger las piezas, y además, evita que la unión se afloje por efecto de las vibraciones. (CNICE, 2006)

Los tornillos son diseñados para trabajar en conjunto con tuercas y roscas, las cuales se utilizan para fijar y sujetar piezas, además, tienen la facilidad de ser desmontadas cuando se lo requiera, principalmente para mantenimiento y revisión del estado de funcionamiento de los componentes internos de la máquina. (MEDIAVILLA & CHURUCHUMBI, 2013)

Uniones permanentes

Son aquellas uniones en las que sus elementos de unión no son posibles de separar sin producir una rotura o desperfecto en la unión, las utilizamos cuando estamos seguros de que estos elementos no van a ser desmontados posteriormente, entre las más comunes tenemos las uniones fijas soldadas, remachadas, por ajuste de presión y mediante la utilización de adhesivos. (Tiposde.online, 2018)

Las uniones por soldadura van a ser nuestro principal aliado en la instalación del parque circular de prehomogeneización de caliza por lo que le daremos un mayor énfasis

Sabemos que la soldadura es el proceso de unión entre metales mediante la acción del calor generado por una fuente de energía que funde el metal y une a las piezas. En la soldadura tenemos dos partes principales: el metal base que son las piezas a soldar, y el material de aporte que es el material de relleno. Tenemos varios tipos de soldadura que se puede realizar, entre ellas tenemos la siguiente por la naturaleza de los componentes a ser unidos: (Tiposde.online, 2018)

Homogénea, donde el material de aporte posee propiedades compatibles con el material base tanto en propiedades químicas, físicas y mecánicas. (Tiposde.online, 2018)

Heterogénea, donde el material de aporte posee propiedades diferentes con el material base. (Tiposde.online, 2018)

Según la AWS (American Welding Society) los principales procesos de soldadura se clasifican en siete fundamentales, pero en nuestra instalación aplicaremos la soldadura por arco, así que nos enfocaremos en las que serán de nuestro interés:

Soldadura con Arco (AW), consiste en generar la fusión de los bordes que se necesita soldar mediante el calor intenso generado por el arco eléctrico, tanto el material base como el material de aporte se mezclan cuando se realiza la fusión de los materiales, formando al enfriarse una única pieza. En este procedimiento se puede usar tanto CC como AC según la necesidad de cada caso. (LÓPEZ, 2016)

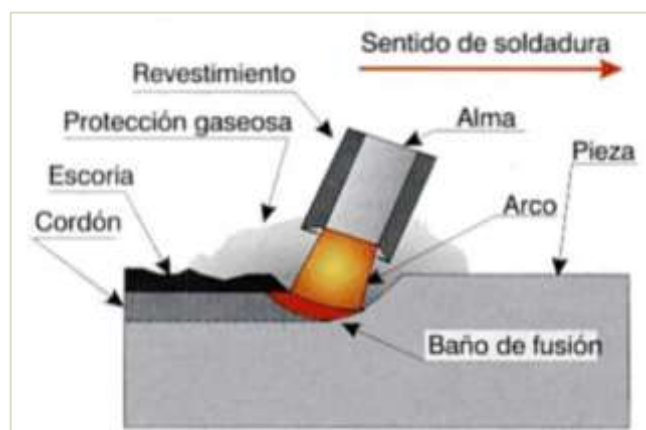


Figura 4-2: Soldadura con arco

Fuente: (LÓPEZ, 2016)

En este tipo de soldadura tenemos varios procesos que podemos emplear para realizar una soldadura con arco, entre los cuales tenemos los procedimientos GTAW, GMAW, SMAW, FCAW, SAW y PAW, cada uno con características específicas. Dentro del proceso de montaje vamos a utilizar los métodos SMAW y FCAW por lo que vamos a darle un poco más de relevancia a dichos métodos de soldadura.

Soldadura por arco manual con electrodo revestido (SMAW), es uno de los procesos más utilizados y se basa en una técnica donde el calor que produce la fusión es generado por un arco eléctrico entre las piezas a soldar (metal base) y un electrodo revestido metálico consumible (material de aporte) el cual cuenta con una composición adecuada de químicos que protege la zona soldada. (DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS, 2013)



Figura 5-2: Soldadura SMAW

Fuente: (DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS, 2013)

Soldadura por arco con alambre tubular con núcleo de fundente (FCAW), se trata de un proceso en el que el electrodo es alimentado continuamente con fundente en su interior, se utiliza gas de protección para cuidar el metal líquido mientras está el arco encendido, el cual nos ayuda a proteger la zona de soldadura de factores externos que puedan afectar la calidad de esta, se utiliza 100% CO₂ o una mezcla de 50% CO₂ y 50% Argón. (MARIN, 2016)

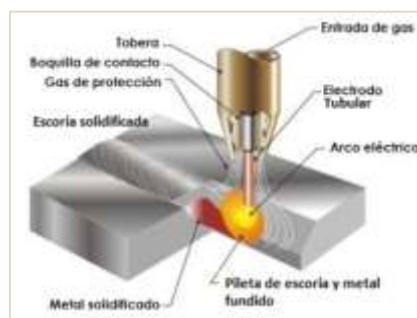


Figura 6-2: Soldadura FCAW

Fuente: (MARIN, 2016)

2.1.2.3 Instrumentos de medición

Son aparatos que nos ayuda a medir una magnitud física, la medición es un proceso de obtener cantidades físicas y poderlas comparar con patrones establecidos. (WIKIPEDIA, 2018) Para realizar una medición dentro de la instalación del parque circular de prehomogeneización de caliza utilizaremos los siguientes instrumentos de medición:

Cinta métrica

Es un instrumento de medida que consta de una cinta metálica graduada y que puede ser enrollada para facilidad de transporte, nos ayuda a medir líneas y superficies planas. (GONZÁLES & ZELENY, 1995, p. 68)



Figura 7-2: Cinta métrica

Fuente: (STANLEY, 2015)

Calibrador pie de rey

El calibrador fue creado para satisfacer la necesidad de un instrumento que permita una medición fácil y directa en una sola operación. El calibrador típico tiene tres tipos principales de mediciones: exteriores, interiores y profundidades, aunque tenemos algunos que nos permiten medir peldaños. (GONZÁLES & ZELENY, 1995, p. 83)



Figura 8-2: Calibrador pie de rey

Fuente: (GONZÁLES & ZELENY, 1995, p. 83)

Reloj comparador

Este es un instrumento que nos ayuda a comparar la medición entre dos objetos, se apoya con un pie magnético, también es utilizado en la alineación de objetos en maquinaria. Tiene una apreciación de 0,01 mm, aunque hay unos más precisos que pueden llegar a medir 0,005 o 0,002 mm. (MEDIIVILLA & CHURUCHUMBI, 2013)



Figura 9-2: Reloj comparador

Fuente: (PORTER Distribuidora, 2018)

Nivel

Los niveles de burbuja son los más comunes para la verificación de la posición tanto horizontal como vertical de las superficies, además para evaluar las desviaciones en dirección y magnitud de esta condición nominal. (GONZÁLES & ZELNY, 1995, p. 380)



Figura 10-2: Nivel de precisión

Fuente: (SoloStocks, 2017)

2.1.3 Pasos para una instalación mecánica

Para una instalación mecánica los principales pasos que se debería seguir serían los mencionados a continuación:

2.1.3.1 Anclaje y nivelación

Para lograr optimizar el proceso de anclaje y nivelación de máquinas industriales se aconseja seguir los siguientes pasos: ubicación, marcado, trazado, fijado y nivelación. (COMESAÑA, 2004, p. 131)

Ubicación, donde se debe escoger el espacio adecuado para fundir el hormigón con una resistencia de 240 Kg/cm². Realizar un plano donde se registre la posición exacta de donde va a estar ubicada la máquina en el momento de la instalación, se debe tener en cuenta el área que va a ocupar la máquina. (COMESAÑA, 2004, p. 131)

Tabla 2-2: Resistencia del hormigón según su aplicación

Resistencia (Kg/cm ²)	Resistencia	Aplicación
100	Baja	Cimentación, Subcimientos
140	Baja	Sobrecimientos.
175	Moderada	Columnas, veredas.
210	Normal	Columnas, vigas, losas.
>210	Alta	Edificaciones especiales.

Realizado por: Autor, 2018

Fuente: (EMAZE, 2018)

Marcado y trazado, con el uso de marcadores indelebles y consultando el plano de montaje de la máquina se debe realizar el trazado de la ubicación definitiva de la misma, se harán las marcas de referencia necesarias de modo visible para que el proceso de colocación se facilite en lo posterior. (COMESAÑA, 2004, p. 131)

Fijación, ya con el hormigón armado tenemos el sitio donde va a ser instalada la máquina, comúnmente la fijación se realiza mediante el uso de anclajes, entre los más usados son los de tipo HSA de HILTI o en el caso de gran precisión se utiliza soportes anti vibratorios y de nivelación. (COMESAÑA, 2004, p. 131)



a)



b)

Figura 11-2: a) Anclaje tipo HSA b) Soporte Antivibratorio

Fuente: (HILTI, 2018), (HERRERO BOSCH, 2015)

Nivelación, existen dos formas de realizar una nivelación por tornillos, la primera con tornillos de nivelación de la máquina donde se suelen utilizar niveles digitales con una apreciación de más-menos 0,1 mm/m y se nivelará con los tornillos de fijación que posea la máquina, se deberá realizar una nivelación tanto transversal como longitudinalmente, una vez nivelado se fijará definitivamente las tuercas quedando instalada la máquina. (COMESAÑA, 2004, p. 132)

2.1.3.2 *Instalar la máquina en sitio*

Cuando hablamos de la instalación de la máquina se hace referencia al proceso que nos conlleva el transporte de sus componentes desde la zona de almacenamiento hasta su ubicación definitiva, para ello debemos tener en cuenta los siguientes parámetros: volumen y peso de la máquina, posibilidad de fijación sobre la máquina, elementos de elevación, espacio disponible en la zona de instalación, espacio disponible a lo largo del recorrido de transporte. (COMESAÑA, 2004, p. 134)

Analizando estos parámetros nos podremos dar cuenta los diferentes requerimientos y la necesidad de diversos tipos de transportadores y elementos que nos ayuden a un correcto transporte para no tener eventualidades en este proceso. A continuación, tenemos varios tipos de elementos para el transporte de maquinaria que nos pueden ayudar. (COMESAÑA, 2004, p. 134)

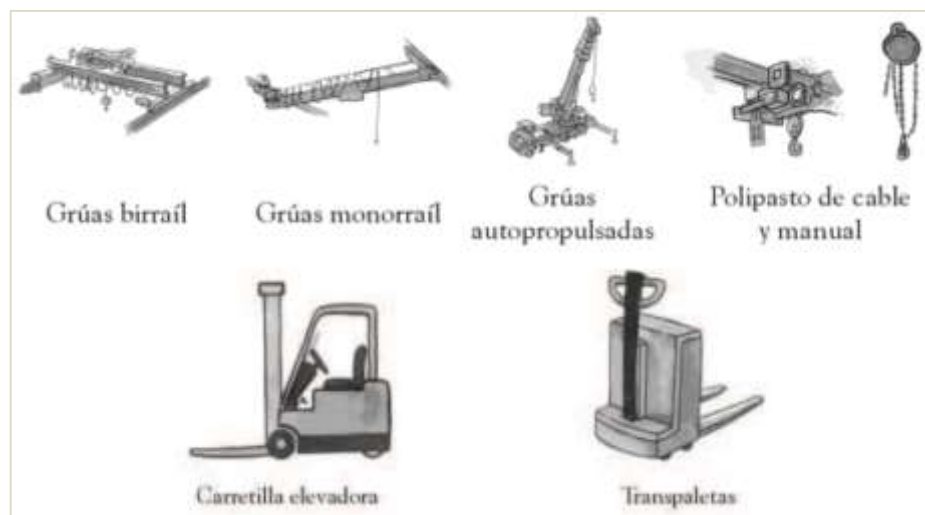


Figura 12-2: Transporte de maquinaria industrial

Fuente: (COMESAÑA, 2004, p. 135)

2.1.3.3 *Montaje de elementos secundarios*

Se trata de los elementos mecánicos que se han diseñado para la realización de los trabajos, ayudando a facilitar las secuencias del funcionamiento de la máquina. Uno de los aspectos que

caracterizan a los elementos secundarios en las máquinas son su intercambiabilidad, por lo que su funcionamiento se lo debe comprobar de forma independiente, cuando sea posible. Algunos elementos secundarios son: elevadores, cintas transportadoras, carros de rodillos, elementos de amarre, etc. (COMESAÑA, 2004, p. 139)

2.1.3.4 *Comprobación de elementos mecánicos*

Se debe tener presente la naturaleza de los elementos. De esta manera tendremos claro el comportamiento exacto de cada uno de los elementos de la máquina, a partir de esto se llevará a cabo las siguientes comprobaciones: (COMESAÑA, 2004, p. 139)

- No se forzará ningún movimiento por los procesos de apalancamiento.
- No se utilizará herramientas inadecuadas que causen golpes en los elementos de comprobación.
- La presencia de grasas y lubricantes se sustituirán de forma inmediata por otras de las mismas características o sus equivalentes.

2.1.4 *Instalaciones eléctricas*

Son un conjunto de elementos que permiten el transporte y la distribución de energía eléctrica, desde un punto donde se suministra hasta la posición de los aparatos o equipos que la utilice, las instalaciones eléctricas pueden ser tanto de corriente continua como de corriente alterna, todo dependerá de la necesidad de los equipos que la utilice.

Los elementos eléctricos que se usan en las instalaciones eléctricas se las debe realizar acorde con las indicaciones incluidas en su etiqueta, manuales, planos o instructivos. Los equipos eléctricos se deben instalar de manera organizada y profesional. (MEDIAVILLA & CHURUCHUMBI, 2013, p. 20)

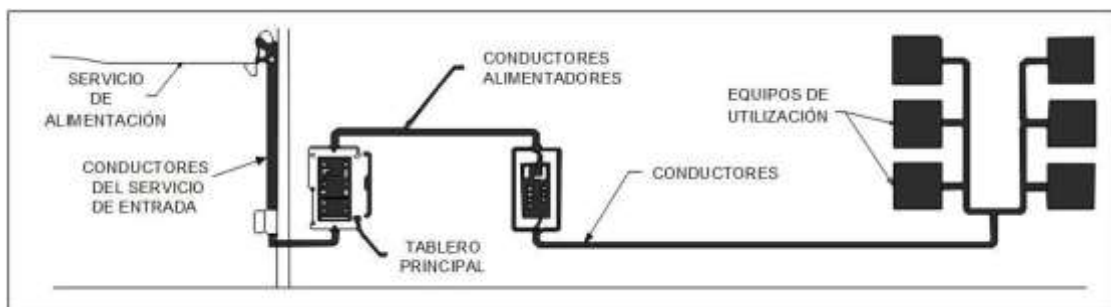


Figura 13-2: Esquema de instalación eléctrica

Fuente: (MEDIAVILLA & CHURUCHUMBI, 2013, p. 20)

2.1.4.1 Puntos importantes en instalaciones eléctricas

En una instalación eléctrica se deben tener en cuenta puntos de mucha importancia para un correcto funcionamiento de las mismas que son:

Conductores eléctricos

En las instalaciones eléctricas uno de los aspectos muy importantes es la correcta aplicación y selección de los conductores. El tipo de cable que se va a usar viene determinado por la función que va a realizar y por las condiciones de la instalación y el ambiente en que se encuentra la instalación. (MEDIAVILLA & CHURUCHUMBI, 2013, p. 21)

Se puede encontrar conductores de muchos tipos, cada uno destinado para una aplicación específica, que puede ser desde el llevar una señal hasta el transporte de energía eléctrica de alto voltaje. (MEDIAVILLA & CHURUCHUMBI, 2013, p. 21)

Las barras colectoras tienen la función de distribuir la energía eléctrica o el de alimentar equipos de gran capacidad. Al realizar tanto una conexión eléctrica como una sujeción mecánica al mismo tiempo se reduce el tiempo de cableado hasta en un 40 %, permite la fácil distribución de energía a varios elementos y logra una calificación IP20 de seguridad al tacto. (MEDIAVILLA & CHURUCHUMBI, 2013, p. 22)



Figura 13-2: Barras colectoras

Fuente: (Rittal LTD, 2014)

Código de colores de los conductores

Según la Norma UNE 21089 de los colores según el aislamiento viene determinado de la siguiente forma:

El cable de tierra es verde y amarillo, el neutro es de color azul y la fase se lo puede tener en color negro, marrón o gris, la mayoría usado para los circuitos de potencia. El color del aislamiento nos ayuda a diferenciar cuál de ellos lo podemos manipular en determinado momento. (MEDIAVILLA & CHURUCHUMBI, 2013, p. 22)



Figura 13-2: Código de colores en conductores

Fuente: (MI, 2012)

Identificación

La identificación de los conductores se lo realiza generalmente mediante un número, aunque se distingue entre dos tipos de circuitos (circuito de potencia y circuito de control), donde se pondrán características alfanuméricas delante del número de identificación, siguiendo siempre la siguiente regla: (MEDIAVILLA & CHURUCHUMBI, 2013, p. 25)

L = Conductor de fase

N = Conductor de neutro

PE = Conductor de tierra o protección

W = Conductor

Selección de conductores

Para realizar una correcta selección de un conductor se debe tener en cuenta consideraciones eléctricas, térmicas, mecánicas y químicas. Entre las más importantes tenemos las siguientes: [9]

Consideraciones eléctricas: tamaño (capacidad de corriente), tipo y espesor de la aislación, nivel de tensión (baja, media o alta), capacidad dieléctrica, aislación, factor de potencia.

Consideraciones térmicas: Compatibilidad con el ambiente, dilatación del aislamiento, resistencia térmica.

Consideraciones mecánicas: Flexibilidad, tipo de chaqueta exterior, armado, resistencia al impacto, abrasión.

Consideraciones químicas: aceites, llamas, ozono, luz solar, ácidos. (MEDIAVILLA & CHURUCHUMBI, 2013, p. 26)

2.1.4.2 *Protecciones eléctricas*

Nos garantiza tanto la protección de las personas como la de los bienes en una instalación eléctrica, de esta forma se reduce al máximo los efectos por un cortocircuito o una sobrecarga. Entre las principales protecciones que tenemos podemos nombrar: (MEDIAVILLA & CHURUCHUMBI, 2013, p. 26)

Para la seguridad de los equipos:

- Fusibles
- Interruptor de control de potencia
- Interruptor magnético térmico

Para la seguridad de las personas

- Interruptor diferencial
- Puesta a tierra

Estas protecciones se las debe calcular con el 25% de sobrecarga de la corriente nominal de cada equipo al que se le va a colocar la protección. (MEDIAVILLA & CHURUCHUMBI, 2013, p. 26)

2.1.4.3 *Mecanismos para conexiones eléctricas*

Cuando se van a realizar conexiones eléctricas se utiliza conectores o uniones acorde con el material del conductor para tener una correcta instalación.

Bornes

Se los usa para la interconexión de circuitos, han sido adoptados universalmente y se ha simplificado su diseño, instalación y mantenimiento de equipos y sistemas eléctricos. La conexión de conductores se realiza mediante tornillos y presión. (MEDIAVILLA & CHURUCHUMBI, 2013)

Un conjunto de bornes se la denomina regleta, el cual se identificará por medio de un nombre distinto o un código alfanumérico que será siempre primero la “X” y luego por un código identificador del grupo (Ej. X1, X2, X3, etc.). (MEDIAVILLA & CHURUCHUMBI, 2013, p. 28)



Figura 13-2: Bornes

Fuente: (VILLAGRAN, 2016)

2.1.4.4 *Canalizaciones*

En los conductores se genera calor por el paso de la corriente, sobre todo cuando se alojan dentro de canalizaciones. Por lo que el número de conductores se deben limitar dentro de la canaleta tanto para facilitar su instalación como para permitir la circulación de aire que disperse el calor generado por el paso de corriente dentro de los conductores, esto se logra mediante una relación adecuada entre la sección de los conductores y de la canaleta. (CPE INEN 019, 2001)

2.1.4.5 *Motores eléctricos*

Son los encargados de transformar la energía eléctrica en energía mecánica y responsables de entregarnos movimiento y ser la fuente motriz en las diferentes máquinas. Se pueden clasificar por su tipo de alimentación:

Motores de corriente continua, el cual mantiene su alto rendimiento en un amplio margen de velocidades, lo que conjunto a su alta capacidad de sobrecarga lo hace más apropiado que el motor de corriente alterna en algunas aplicaciones. Este tipo de motor me proporciona un buen par de arranque y eficiente control de la velocidad.

Una de las ventajas es su fácil inversión de giro con cargas de gran inercia, al mismo tiempo devuelve energía a la línea actuando como generador lo que ocasiona un frenado y reducción de velocidad. (MEDIAVILLA & CHURUCHUMBI, 2013, p. 29)

Motores de corriente alterna, actualmente es el motor más utilizado para la mayor parte de las aplicaciones industriales, debido principalmente a su alto rendimiento, bajo mantenimiento y sencillez, sobre todo en los motores asíncronos. (MEDIAVILLA & CHURUCHUMBI, 2013)

2.1.4.6 *Instrumentos de medición eléctricos*

Dentro de una instalación eléctrica es de mucha importancia el uso de instrumentos de medición, debido a que miden y muestran magnitudes eléctricas a diferentes escalas, como corriente, resistencia, voltaje, etc., además, nos permite identificar las causas de un funcionamiento erróneo de un elemento eléctrico, en los cuales no se puede apreciar su funcionamiento de una forma visual, como es el caso de un elemento mecánico. (MEDIAVILLA & CHURUCHUMBI, 2013)

Los instrumentos de medición pueden ser digitales como analógicos, entre los principales tenemos:

Multímetro

También es denominado polímetro o tester, es un instrumento que nos permite medir distintas magnitudes con el mismo aparato, voltaje, corriente, y resistencia son las magnitudes que se puede medir con este aparato, aunque existen algunos que también se puede medir frecuencia, temperatura y diodos, según la necesidad. (MEDIAVILLA & CHURUCHUMBI, 2013, p. 34)



Figura 13-2: Multímetro

Fuente: (XINDAR, 2018)

Amperímetro

Este instrumento nos ayuda a medir la intensidad de corriente. Su uso depende del tipo de corriente que deseemos medir, es decir, cuando sea corriente continua se usara el amperímetro de bobina móvil y cuando sea corriente alterna usaremos el electromagnético. (MEDIAVILLA & CHURUCHUMBI, 2013, p. 34)



Figura 13-2: Amperímetro

Fuente: (NIMEX, 2018)

Voltímetro

Es el instrumento que nos permite medir la tensión. Existen voltímetros que miden tensiones continuas también llamados de bobina móvil y los electromagnéticos que miden voltajes alternos. (MEDIAVILLA & CHURUCHUMBI, 2013, p. 34)



Figura 13-2: Voltímetro

Fuente: (NIMEX, 2018)

Óhmetro

Se llama así al instrumento que mide la resistencia eléctrica. Cuando en los terminales se coloca la resistencia que se desea medir se produce una caída de tensión y la aguja se desplaza en los valores inferiores. (MEDIÁVILLA & CHURUCHUMBI, 2013, p. 34)



Figura 13-2: Óhmetro

Fuente: (YACUBSON, 2013)

2.1.5 *Calibración de los instrumentos de medida*

Dentro del vocabulario internacional sobre metrología se puede definir a la calibración como “el conjunto de operaciones que establecen, en unas condiciones determinadas, la relación que existe entre los valores indicados por un instrumento o sistema de medida, o los valores que representan por una medida materializada, y los correspondientes valores conocidos de una magnitud medida”. (COMESAÑA, 2004, p. 112)

Como finalidad, la calibración de los instrumentos es el poner en evidencia la diferencia que existe entre el valor de un patrón y el obtenido con un instrumento de medida. (COMESAÑA, 2004, p.

112) Esto nos ayuda a evitar errores de medidas cuando se los realice la toma de una medición al realizar el montaje.

Dentro de nuestro país el proceso de calibración lo realiza el Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN a través de su Laboratorio Nacional de Metrología. (INEN, 2018)

2.2 Verificación y pruebas de funcionamiento de equipos.

Estas dos secciones dividen al equipo, primero los programas y comunicaciones en tres elementos, la operación es con mucha frecuencia independiente, y los procesos de verificación se pueden llevar a cabo con los tres componentes en conjunto. (ACE, 2016)

2.2.1 Verificación del equipo

Dentro de un sistema de mucha importancia es conveniente que un inspector independiente lleve a cabo dichas pruebas de verificación, para sistemas de menor importancia la verificación se la puede realizar internamente. (ACE, 2016)

Para las pruebas de verificación se puede realizar lo siguiente:

Prueba de los equipos bajo condiciones que simulen las esperadas en la vida real del equipo, incluyendo almacenamiento, transportación, operación y mantenimiento.

Asegurarse que el equipo se ajuste a los requerimientos ambientales locales, incluyendo resguardo, espacio, suministro de energía eléctrica, temperatura, humedad y contaminación.

Asegurarse que la documentación sea completa y acertada.

Verificar que el equipo sea capaz de funcionar en condiciones normales esperadas y potenciales condiciones adversas.

Garantizar que se cuenta con las medidas necesarias de seguridad y que estas están acordes con las de los estándares establecidos.

2.2.2 Prueba del equipo

La prueba a un equipo por lo general es más detallada y rigurosa que en una verificación. Se requiere para asegurar que cada uno de los componentes de un sistema estén funcionando acorde a sus funciones y que el sistema esté operando acorde con los requerimientos locales. (ACE, 2016)

Un programa de prueba completo y bien estructurado es aquel que asegura que cada componente del sistema sea probado, entre las principales pruebas a realizar figuran las siguientes:

Desarrollar un grupo de criterios para la prueba.

Aplicar pruebas “no operativas” para asegurar que el equipo tolere los niveles de manejo esperado.

Verificar si hay un código “integrado” mejor conocido como firmware, para asegurar la conexión lógica y que siguen estándares especificados.

Aplicar pruebas funcionales para asegurarse que se han satisfecho los parámetros de prueba.

Realizar pruebas en condiciones de “laboratorio” y en diversas condiciones “reales”.

Realizar pruebas por un periodo prolongado, para comprobar que los sistemas pueden funcionar de una forma consistente.

Realizar “pruebas de carga”, simulando como sea posible varias posibles condiciones reales utilizando o sobrepasando los volúmenes de información que se obtendría de una situación concreta.

Verificar los resultados de lo que entra sea lo que sale, ingresando información conocida y verificando las salidas.

2.3 Cemento Portland

El cemento es un aglomerante que al mezclarse con agua se hidrata, iniciando así una serie de reacciones químicas que la convierten en una pasta moldeable con propiedades adherentes. Al fraguarse y endurecer progresivamente en pocas horas el cemento toma una consistencia pétrea.

Este comportamiento, ha convertido al cemento en el conglomerante más económico y versátil en la industria de la construcción moderna. (VIDAUD, 2013)

La historia del cemento es milenaria como la de la humanidad misma, desde que el hombre dejó las cavernas ha buscado el mejorar sus condiciones de vida y con ello su habitabilidad. Este es el punto que marca un inicio en las construcciones de la antigüedad donde se muestra el uso de materiales cementantes. Inicialmente se usaron pasta elaboradas con arcilla, yeso o cal; pero estas sufrían un rápido deterioro ante las condiciones ambientales desfavorables. (VIDAUD, 2013)

Diversas soluciones se utilizaron a partir de mezclar agua con minerales triturados para obtener pastas que no se degraden con facilidad. (ST , 2016) Los griegos fueron quienes empezaron la utilización de rocas volcánicas de la isla de Santorini para los primeros conglomerantes cementeros, luego fueron los romanos quienes lo usaron para la construcción de anfiteatros, circos y diferentes obras a lo largo de todo el territorio que llegaron a controlar. (VIDAUD, 2013)

A pesar de su larga historia, el cemento Portland que se utiliza en la actualidad no cuenta con más de dos siglos de antigüedad, los científicos Joseph Aspdin y James Parker fueron quienes el 21 de octubre de 1824 patentaron el primer cemento Portland obtenido a partir de piedra caliza, arcilla y carbón. En nuestros días a pesar de las mejoras tecnológicas que se han introducido, el cemento Portland sigue siendo en esencia muy similar al que se patentó en 1824. (VIDAUD, 2013)

En la actualidad el cemento Portland se obtiene al calcinar una mezcla de calizas y arcillas a una temperatura aproximada de 1500 °C para obtener el clinker el cual es molido y mezclado con yeso natural para controlar el tiempo de fraguado. (VIDAUD, 2013)

La composición química aproximada del cemento Portland está formada por los porcentajes presentados en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2: Composición química del cemento Portland

Elemento	Composición (%)
Óxido de Calcio	61-67
Óxido Silíceo	19-23
Óxido de Aluminio	2.5-6
Óxido de Hierro	0-6
Otros Compuestos	1.5 -4.5

Realizado por: Autor, 2018

Fuente: (ST , 2016)

Las principales ventajas que presenta el cemento Portland se derivan principalmente por su alta resistencia a la compresión, su endurecimiento relativamente rápido, su resistencia con el paso de los años y de que sus materias primas (silicatos y aluminatos) son abundantes en la naturaleza en rocas calcáreas y arcillas. (VIDAUD, 2013)

El consumo de este es tan generalizado e importante que, en ocasiones, se utiliza como indicador del nivel económico de una zona vinculándolo a la construcción. (VIDAUD, 2013)

2.3.1 *Materias primas*

Para la fabricación de cemento se puede utilizar tanto minerales de origen natural como productos industriales, como material de partida se usa sustancias minerales que contienen los componentes principales del cemento: cal, sílice, alúmina y óxido de hierro; estos componentes son difíciles de encontrar en las proporciones deseadas por lo que en general se debe escoger la mezcla de un componente rico en cal (componente calcáreo) otro rico en alúmina pero pobre en cal y otro rico en óxido de hierro (componente arcilloso). (DUDA, 1977, p. 1)

2.3.1.1 *Componente calcáreo*

Caliza

La caliza tiene en general una estructura cristalina de grano fino, la dureza de la caliza viene determinada por su edad geológica, mientras más antigua sea mayor será su dureza que viene entre 1.8 y 3.0 en la escala de los Mohs. Solo los yacimientos de caliza muy pura tienen una coloración blanca. Las formas de caliza más puras son el espato calizo (calcita) y el aragonito. Una clase del espato calizo es el mármol, pero la utilización de este para hacer cemento sería antieconómico. (DUDA, 1977, p. 1)

Creta

Es una roca sedimentaria formada en el cretácico y de cierto modo joven, la creta tiene una estructura suelta, térrea. La extracción de la creta no exige el uso de explosivos ni trituración por lo que disminuye notablemente el costo de la fabricación de cemento. Algunos yacimientos de creta poseen de 98% a 99% de carbonato de calcio. (DUDA, 1977, p. 1)

Marga

Son calizas que van acompañadas tanto de sílice, productos arcillosos y óxido de hierro, debido a su abundancia muchas veces es utilizada como materia prima en la elaboración de cemento. Tiene una menor dureza que la caliza, mientras mayor cantidad de material arcilloso posee menor será su dureza. (DUDA, 1977, p. 1)

Tabla 4-2: Composición química de diversas calizas

	Contenido de CaCO_3 (%)
Caliza de alto porcentaje	96 – 100
Caliza Margosa	90 – 96
Marga Calcárea	75 – 90
Marga	40 – 75
Marga Arcillosa	10 – 40
Arcilla Margosa	4 – 10
Arcilla	0 – 4

Realizado por: Autor, 2018

Fuente: (DUDA, 1977, p. 1)

2.3.1.2 *Componentes de Arcillas*

La siguiente materia prima de suma importancia en la elaboración de cemento es la arcilla. Las arcillas en esencia son productos de meteorización de los silicatos en metales de origen alcalinos y alcalinotérreos, principalmente de los feldespatos y las micas, las podemos clasificar en los siguientes grupos minerales: (DUDA, 1977, p. 1)

Grupo Caolín: caolinita, nacrita.

Grupo de la Montmorillonita: montmorillonita, saponita.

Grupo de las arcillas que contienen metales alcalinos y alcalinotérreos: micas arcillosas incluyendo la lutita.

El caolín es una arcilla de color blanca o ligeramente teñida que puede ser sedimentaria, pero en general es el resultado de la descomposición del granito. Su contenido de alúmina es relativamente alto, pero además contiene una pequeña cantidad de óxido de hierro, por lo que se usa en la elaboración de cemento blanco. (DUDA, 1977, p. 2)

La composición de las arcillas varía desde las que se asemejan a la de los minerales puros de arcillas (caolín) hasta las que poseen agregados de hidróxido de hierro o sulfuro de hierro, etc. (DUDA, 1977, p. 2)

Tabla 5-2: Composición aproximada de caliza, marga y arcilla

Componente	Caliza (%)	Marga (%)	Arcilla (%)
Perdida al fuego	29 – 41	24 – 33	6 – 10
SiO ₂	4 – 7	21 – 33	52 – 67
Al ₂ O ₃	0.7 – 2	4 – 11	8 – 28
Fe ₂ O ₃	0.4 – 2	2 – 5	4 – 9
CaO	49 – 53	27 – 40	0.5 – 8
MgO	0.3 – 2	0.7 – 2	0.05 – 2
SO ₃	0 – 1	0 – 0.4	0 – 4
K ₂ O	0 – 0.2	0.05 – 0.2	0.75 – 7
Na ₂ O	0 – 0.3	0.07 – 0.4	-----

Realizado por: Autor, 2018

Fuente: (DUDA, 1977, p. 2)

2.3.1.3 Componentes correctores

Los componentes correctores se agregan cuando las materias primas disponibles no contienen la cantidad química requerida de uno de los componentes indispensables en el crudo. Así, por ejemplo, agregaremos arena como material correctivo para elevar el contenido de anhídrido silícico, o arcillas con alto contenido de óxido de sílice (SiO₂). Si se carece de los suficientes óxidos de hierro se utilizan como correctores minerales de hierro o cenizas de piritas, cuando se necesita más alúmina se agrega bauxita. En la Tabla 6-2 se muestran la composición de cada una de las materias primas que se requieren para la elaboración del cemento. (DUDA, 1977, p. 2)

Tabla 6-2: Composición por ciento del cemento

Composición (por ciento en peso)						
Materia Prima	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Cal	MgO	CO ₂	Fe ₂ O ₃
Caliza Arcillosa	12.66	3.92	43.26	1.3	36.97	1.5
Caliza, otras conchas	1.16	0.33	54.82	0.28	43.33	0.08
Marga	13.10	3.98	44.58	0.48	36.14	1.72
Arcilla	58.78	18.42	0.52	1.9	12.78	7.6
Lutita	60.2	19.42	0.40	1.46	10.28	8.24

Realizado por: Autor, 2018

Fuente: (DUDA, 1977, p. 3)

Se pueden usar varias fuentes para encontrar estas diversas materias primas:

- Roca de cemento: calizas arcillosas (carbonato de calcio)
- Caliza: carbonato de calcio y algo de magnesio, Sílice, Alúmina y Hierro.
- Conchas de ostión y coquita, greda: carbonato de calcio.

- Marga: mezclas naturales de arcilla con carbonato de magnesio.
- Arcilla y lutita: silicatos de aluminio, arcilla, mica, cuarzo y otros minerales.
- Escoria: cal, alúmina, magnesia, magnesio y fósforo.
- Arena y arsénica: bióxido de silicio(sílice).
- Yeso: sulfato hidratado de calcio.
- Mineral de hierro, polvo de hierro: óxido férrico. (MONTALVÁN, et al., 2010, p. 19)

2.3.2 *Etapas de la fabricación del cemento*

2.3.2.1 *Explotación de materias primas*

En esta etapa se realiza la extracción de la piedra caliza y las arcillas de los yacimientos o canteras, las cuales dependiendo de sus condiciones físicas se realizan con los diferentes sistemas de explotación; después el material se lo transporta a la fábrica para continuar con el proceso. (GOMÁ, 1979, p. 67)

2.3.2.2 *Preparación y clasificación de las materias primas*

Una vez extraídas las materias primas, en la fábrica se reduce el tamaño de la caliza siguiendo algunas especificaciones dadas para la fabricación. Su tamaño es reducido con la trituración hasta que su tamaño oscile entre 5 y 10 mm. (GOMÁ, 1979, p. 67)

2.3.2.3 *Homogeneización*

Consiste en la mezcla de las arcillas y calizas, que ya han sido trituradas. Se lo realiza a través de bandas transportadoras o molinos, con el fin de reducir su tamaño hasta el orden de medio milímetro. En esta etapa se establece una gran diferencia de los sistemas de producción del cemento, (procesos húmedos y procesos secos). (GOMÁ, 1979, p. 67)

2.3.2.4 *Clinkerización*

Aquí se lleva la mezcla homogeneizada a hornos rotatorios a grandes temperaturas, aproximadamente a 1450 °C donde se produce una reacción química entre las altas temperaturas y la mezcla de componentes. En la parte final del horno se genera una fusión de varios de los componentes y se forman gránulos de 10 a 30 milímetros de diámetro, conocidos con el nombre de clinker. (GOMÁ, 1979, p. 68)

2.3.2.5 *Enfriamiento*

Después que se realizó el proceso de clinkerización a altas temperaturas, viene el proceso de enfriamiento que consiste en la disminución de la temperatura para poder trabajar con el material. Este enfriamiento se acelera con equipos especializados. (GOMÁ, 1979, p. 68)

2.3.2.6 *Adiciones finales y molienda*

Una vez que el clinker ha sido enfriado, se prosigue a obtener la finura del cemento, que consiste en moler el clinker. Después se le agrega yeso con el fin de regular el tiempo de fraguado. (GOMÁ, 1979, p. 68)

2.3.2.7 *Empaque y distribución*

Esta última etapa consiste en empacar el cemento en sacos de 50 kilogramos, (como dato anecdótico: en Uruguay, desde abril del 2008 las bolsas que contienen cualquier materia prima, sea portland, harina, etc., no puede superar los 25 kg debido a razones médicas tales como evitar las lesiones de espalda al ser cargadas) teniendo mucho cuidado con diversos factores que puedan afectar la calidad del cemento. Luego se transporta y se distribuye con cuidados especiales. (GOMÁ, 1979, p. 68)

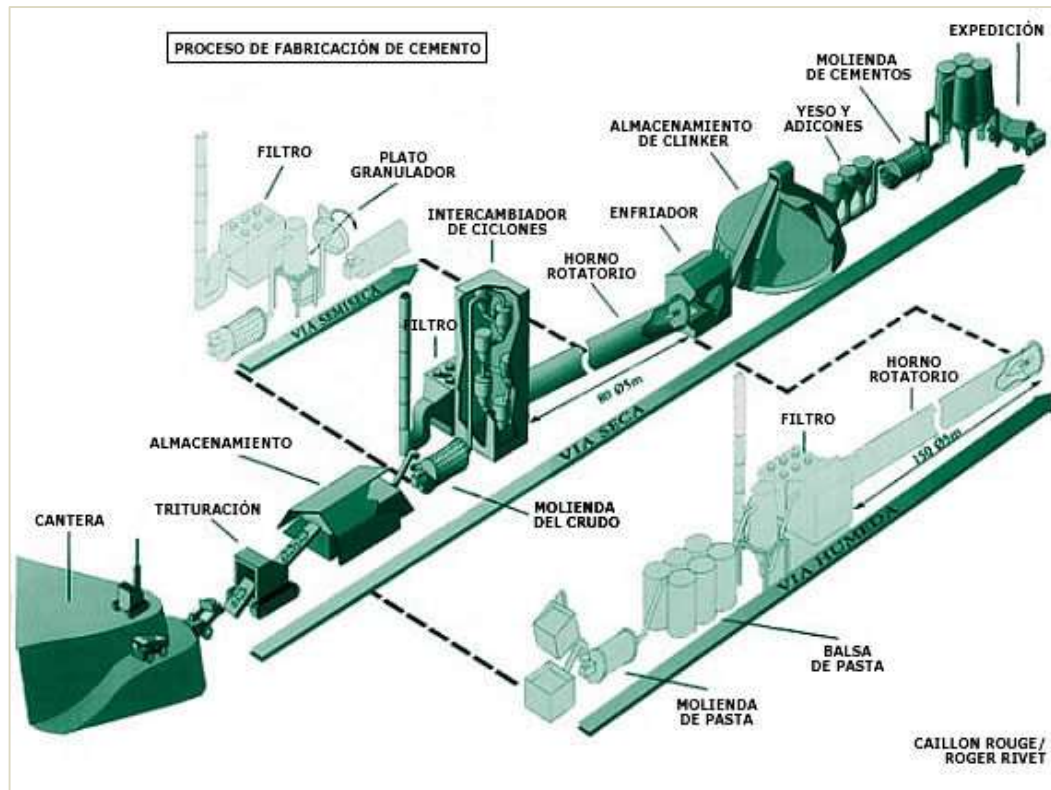


Figura 13-2: Proceso de fabricación de cemento

Fuente: (Blogger, 2013)

2.3.3 Prehomogeneización

Cuando las fábricas de cemento elaboraron cantidades pequeñas de cemento la necesidad de materias primas era igual de pequeña, por lo que cuando existía una variación considerable en su contenido de carbonato de calcio (CaCO_3) se podía realizar una extracción selectiva en la cantera. Con la creciente producción de las fabricas esto se convirtió en antieconómico y se vieron obligados a la homogeneización de caliza y eventualmente de otras materias primas. (DUDA, 1977, p. 161)

En la mayoría de los casos se somete al proceso de prehomogeneización al componente mayoritario del crudo que es la caliza, en muchos casos la composición química de los componentes arcillosos y margosos son homogéneos, pero en algunos casos se ven obligados a someterlos a un proceso de prehomogeneización. (DUDA, 1977, p. 161)

Entre las principales razones que justifican el uso de la prehomogeneización tenemos las siguientes como las más representativas:

- Obtener un mejor aprovechamiento de los yacimientos de materias primas no homogéneas.
- Tener la posibilidad de premezclar los diversos componentes del crudo.
- El lograr una mayor uniformidad dentro del crudo, por ende, una menor variabilidad en el clinker. (UCEM, 2017)

2.3.3.1 *Métodos de prehomogeneización*

La prehomogeneización se puede dividir en 2 grupos:

- Prehomogeneización conjunta de las materias primas componentes.
- Prehomogeneización particular de los componentes individualizados.

La prehomogeneización conjunta de las materias primas exige una composición química balanceada. La diferente granulometría de cada componente puede ocasionar segregación que nos lleva a variaciones el crudo en relación a su valor correcto durante grandes periodos de tiempo. (DUDA, 1977, p. 161)

La prehomogeneización individual de los componentes es el método más empleado dentro de la industria del cemento para equilibrar la composición. Los componentes prehomogeneizados individualmente se agregan al proceso de acuerdo con la composición química proyectada para el cálculo de la composición del crudo y se transporta al molino de crudo mediante dispositivos dosificadores. (DUDA, 1977, p. 161)

Formación de los lechos de mezcla

En el apilamiento para lechos de mezcla se aplican los métodos siguientes:

Realización de los lechos a dos aguas (Método Chevron)

La forma más común de apilamiento longitudinal es la de se tiene una estructura de cubierta a dos aguas. (DUDA, 1977, p. 161) El material se apila en capas sobre la longitud total del lecho de mezcla, formando capas que se depositan una sobre otra en forma de pares o “cabrios” de

techumbres, donde, todas las capas tienen la misma cantidad de material, lo que depende del caudal del dispositivo de descarga como de la velocidad que recorre la pila. (UCEM, 2017)

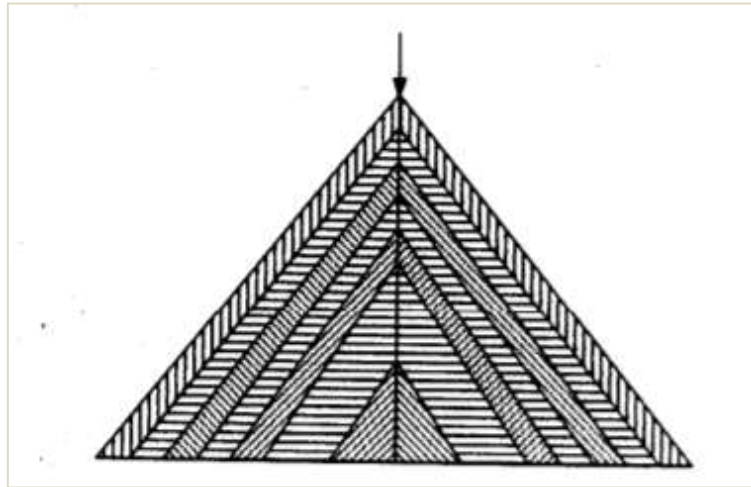


Figura 13-2: Estructura a dos aguas del lecho de mezcla (método Chevron)

Fuente: (DUDA, 1977, p. 161)

Este tipo de mezcla el apilamiento se realiza con una banda transportadora con dispositivo para descarga o con vertedor de material desplazable a lo largo del lecho de mezcla. (DUDA, 1977, p. 161) Este método con ayuda de un sistema de extracción frontal por medio de una máquina se puede considerar el más adecuado, por el bajo gasto en concepto de maquinaria. (UCEM, 2017)

Realización por filas (Método Windrow)

Para evitar los efectos de segregación y por ende el incremento de gruesos en la base de apilamiento, en muchas ocasiones se escoge la formación del apilamiento por filas. Las capas de material están dispuestas en fila, una a continuación de otras y por series de filas superpuestas, con tal disposición se dan muy pocas posibilidades de segregación por razón de granulometrías. (DUDA, 1977, p. 162) La segregación se la puede minimizar con una selección adecuada de las alturas de las hileras y/o el espacio lateral entre ellas, mientras mayor sea la cantidad de hileras, menor será el fenómeno de segregación y obtendremos una mejor distribución granulométrica del material apilado. Este método no se lo utiliza de una manera pura, sino que se lo utiliza en combinación con el método Chevron dando lugar al método denominado prehomogeneización en Cordón. (UCEM, 2017)

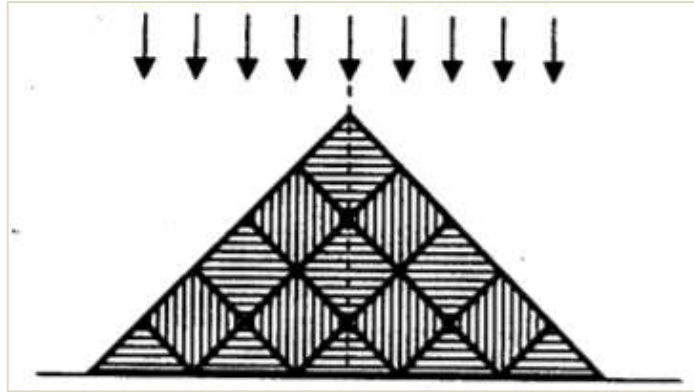


Figura 13-2: Estructura por filas de un lecho de mezcla (método Windrow)

Fuente: (DUDA, 1977, p. 162)

Realización por superficies

En este método se dispone el material en capas horizontales que se van sobreponiendo y que su espesor va aumentando según se va formando la pila. Con este método se puede apilar capas de distinto espesor, material con distinto ángulo de reposo y granulometría diversa sin que se tenga el fenómeno de segregación muy apreciable. Este apilamiento se realiza mediante el avance progresivo del puente-viga o una cinta transportadora mediante un punto de descarga en forma de meandros. (UCEM, 2017)

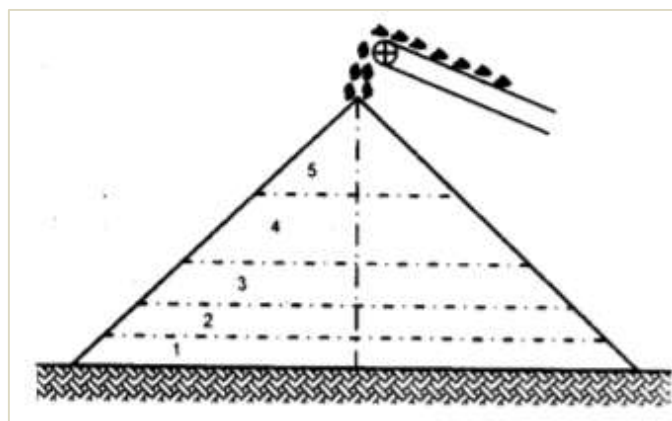


Figura 13-2: Representación de un lecho de mezcla formado por capas

Fuente: (DUDA, 1977, p. 162)

Realización por estratos inclinados

En este método se deposita el material en forma de capas superpuestas, pero en este caso de una forma inclinada. Se forma un ángulo aproximado de $32-38^\circ$ con el suelo. Como se puede notar en la Figura 25-2 al igual que en el método Chevron se tiene el inconveniente de que se tiene segregación en la parte inferior de la pila. (UCEM, 2017)

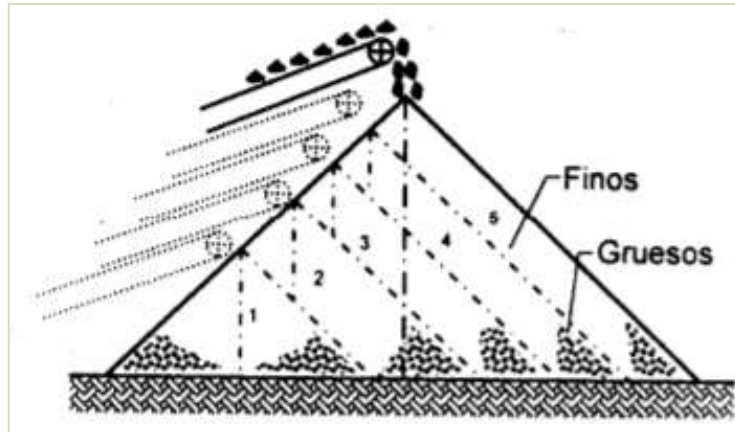


Figura 13-2: Sección de un lecho de mezcla formado por franjas longitudinales

Fuente: (DUDA, 1977, p. 162)

Formación por apilamiento continuo o pilas cónicas

Este método deposita una serie de montones cónicos, cuando ya se alcanza la altura deseada del cono se desplaza el dispositivo de descarga a otra posición para formar una nueva pila. Este método se diferencia de los otros descritos anteriormente porque el sistema de descarga no se mueve de una forma continua de un extremo a otro de la pila. Cabe recalcar que se debe diferenciar entre el apilamiento continuo y alternativo. (UCEM, 2017)

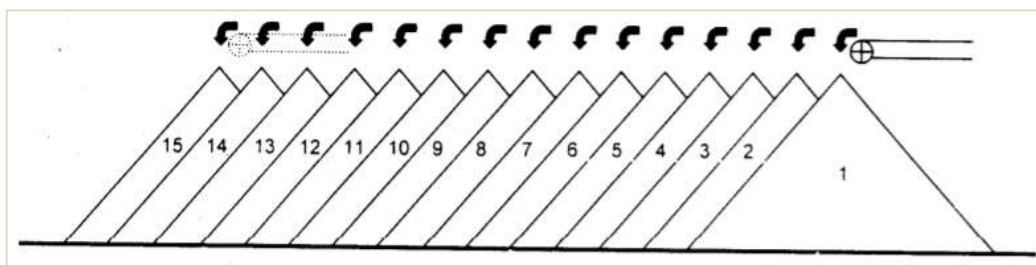


Figura 13-2: Apilamiento continuo de un lecho de mezcla

Fuente: (DUDA, 1977, p. 163)

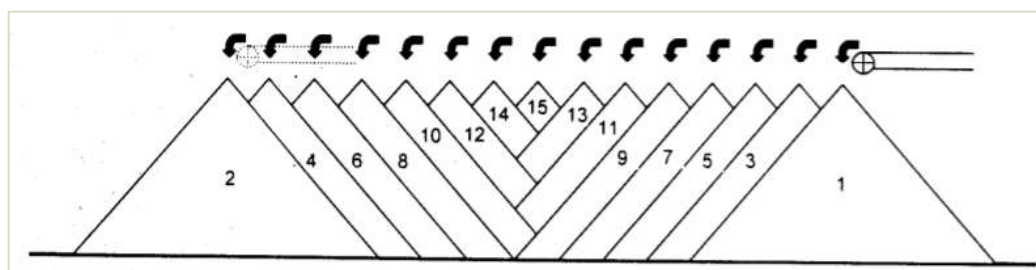


Figura 13-2: Apilamiento alternativo de un lecho de mezcla

Fuente: (DUDA, 1977, p. 163)

Los métodos de formación de apilamiento del 3-5 son elegidos o recomendados partiendo de que, por razón de condiciones locales o cualitativas, serán obtenidos los mejores resultados.

Método Combinado Chevron

Este método también es conocido como apilamiento sin fin, es una combinación entre el método Chevron y de las pilas cónicas. Pero se debe recalcar que sólo es apropiado para lechos de mezcla circulares. En número de capas que puede abarcar el sistema de recogida es un 30% mayor al del método de pilas (Chevron). La cinta apiladora puede apilar el material, incluso cerca del dispositivo de extracción, así se puede aprovechar toda la capacidad del lecho de mezcla. Como se tiene apilamiento de manera continua, se puede hablar de un lecho sin fin. (UCEM, 2017)

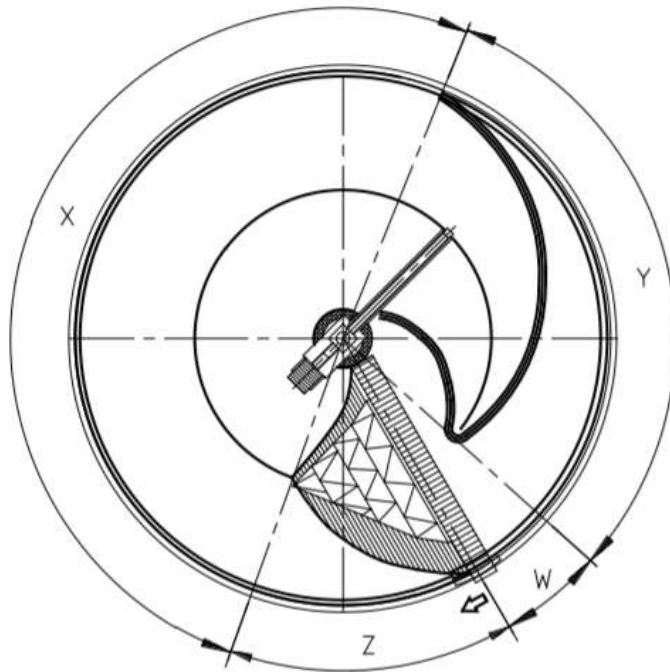


Figura 13-2: Método circular de apilamiento (Chevcon)

Fuente: (THYSSENKRUPP, 2018)

Recolección de los materiales o demolición del apilamiento

La recolección de los materiales apilados se realiza por lo general mediante los dispositivos: Rascador y Noria de Cangilones.

El rascador, para hacer caer el material consiste en un brazo dotado de cadenas sinfín, en movimiento provisto de las piezas. El brazo tiene posibilidad de movimiento de descenso, elevación y giro. El brazo de demolición del apilamiento puede trabajar frontalmente sobre este o también lateralmente a lo largo del eje longitudinal. (DUDA, 1977, p. 164)

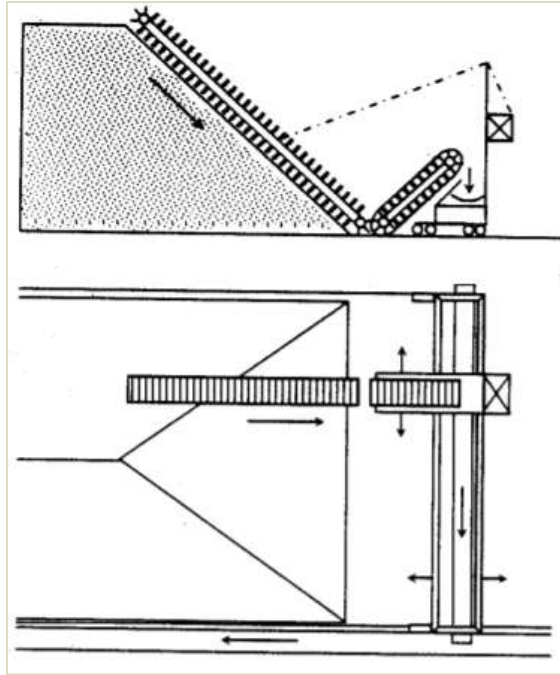


Figura 13-2: Rascador para demolición de un lecho de mezcla

Fuente: (DUDA, 1977, p. 164)

La noria de cangilones, montada sobre el brazo, está dotada de la posibilidad de movimiento longitudinal transversal al apilamiento y de rotación alrededor de su punto de apoyo. La noria de cangilones toma el material en la parte inferior del apilamiento y va provista de un rastillo que suelta el material de la parte más alta del apilamiento. (DUDA, 1977, p. 164)

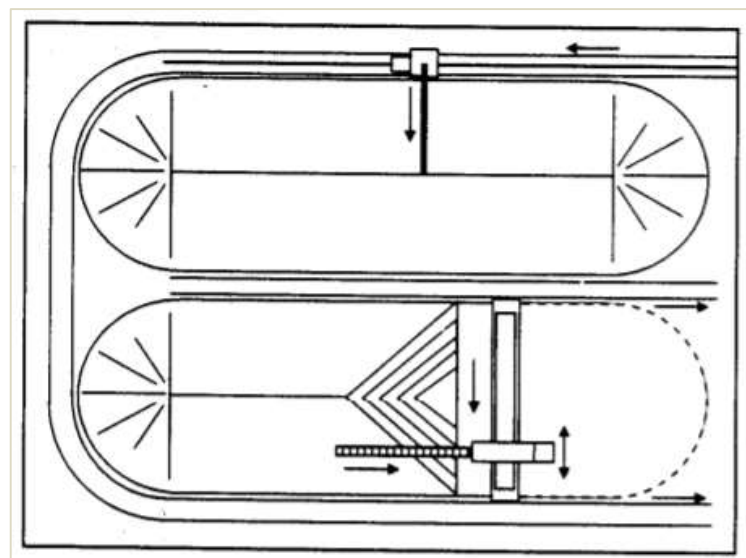


Figura 13-2: Noria de cangilones

Fuente: (DUDA, 1977, p. 164)

2.4 Parque circular de Prehomogeneización de Caliza Polysius.

En el parque circular de prehomogeneización de caliza, el material a granel se echa desde arriba en la columna central. Desde allí cae sobre el brazo de cinta transportadora. El brazo de cinta transportadora se apoya sobre la columna central de forma giratoria. La inclinación del brazo de cinta transportadora se puede ajustar por medio del cilindro hidráulico. El brazo de cinta transportadora amontona el material a granel en el parque de almacenamiento formando una parva circular. La parva circular constituida se activa con un sistema de rastrillo, que se desplaza de un lado a otro sobre una viga puente.

La viga puente, por un lado, se apoya sobre la columna central de forma giratoria, independientemente del brazo de cinta transportadora, y por el otro lado descansa sobre mecanismos de traslación, que se desplazan sobre un sistema de carriles circulares alrededor de la columna central. El material activado por el sistema de rastrillo es reclamado con el rascador de cadena en dirección a la columna central. Allí cae centrado bajo la columna central a través de la resbaladera de base sobre una cinta de evacuación. Dependiendo del método de apilado seleccionado del material a granel, puede variar la forma de desplazamiento y la posición del brazo de cinta transportadora. (THYSSENKRUPP, 2018, p. 98)

2.4.1 Datos técnicos

Tabla 7-2: Datos técnicos del parque circular de prehomogeneización

Datos	
Marca	Polysius
Tipo	CB-79
Material	Caliza
Almacenamiento útil	31 000 Tm.
Almacenamiento máximo	42 000 Tm.
Método de apilamiento	Chevcon
Diámetro de la pila	79 m.
Diámetro del carril circular	80 m.
Capacidad de apilado	1 200 T/h
Capacidad de desapilado	400 T/h
Voltaje	460 V.

Realizado por: Autor, 2018

Fuente: (THYSSENKRUPP, 2018, p. 35)

2.4.2 *Componentes de la máquina*

El parque circular de prehomogeneización de caliza consta de seis elementos principales en su funcionamiento que son:

1. Sistema de Rastrillo
2. Brazo de la Cinta Apiladora
3. Columna Central
4. Rascador de Cadena
5. Viga Puente
6. Mecanismo de Traslación

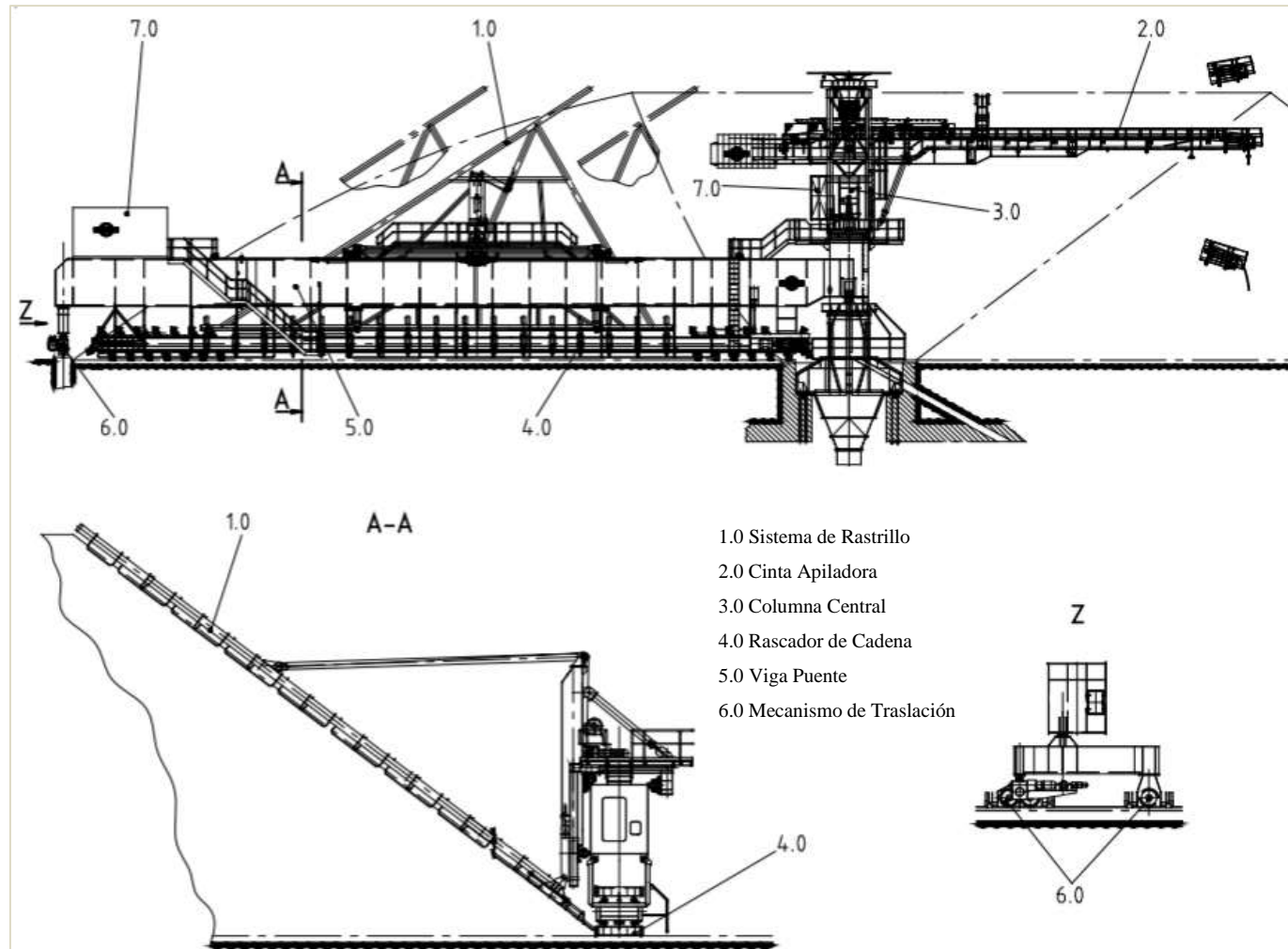


Figura 13-2: Componentes principales del parque circular de prehomogeneización

Fuente: (THYSSENKRUPP, 2018)

2.4.2.1 *Sistema de rastrillo*

El carro de rastrillo es una construcción en celosía con un pilón en forma de caja. Dependiendo de la carga, se ha instalado un bogie de tres ruedas. En los dos soportes exteriores se encuentran las suspensiones de altura regulable. Éstas sirven de apoyo móvil al rastrillo.

El rastrillo es una estructura en celosía de construcción soldada, cuya forma corresponde a la sección de corte de la pila que se forma en la extracción del material. En la parte superior se encuentra suspendido mediante el cable de fijación. Este sistema de suspensión está constituido por un polipasto de varios ramales, accionado por medio de un cabrestante, mismo que está montado en el pilón del carro de rastrillo. Con el sistema de suspensión se puede adaptar la inclinación del rastrillo con el ángulo de talud.

En el lado del rastrillo que mira a la pila, se encuentran distribuidos uniformemente elementos rascadores, que sobresalen del borde del perfil y cortan durante el servicio (marcha de ida y vuelta del sistema de rastrillo sobre la viga puente) el material a granel de la pila, haciendo así que corra fluidamente. (THYSSENKRUPP, 2018, p. 101)

2.4.2.2 *Brazo de la Cinta Apiladora*

El brazo de cinta transportadora conduce el material a granel hasta la primera posición de la pila, la cual está provista de un accionamiento trasero.

En la descarga de la cumblera se encuentra la estación tensora, misma que tensa mediante husillos roscados. En el tambor tensor, un limpiador garantiza que no haya adhesión de material en la banda. Un segundo rascador en V limpia el ramal inferior antes de la entrada al tambor de apriete que se encuentra conectado delante del tambor motriz. (THYSSENKRUPP, 2018, p. 99)

2.4.2.3 *Columna central*

La columna central es una construcción de torre compuesta por elementos de estructura metálica superpuestos, capaces de girar en sentido opuesto. El apoyo fijo se encuentra anclado a la fundación. La corona giratoria inferior sobre el apoyo fijo soporta la parte central de la columna y la viga puente que giran en conjunto. Sobre la parte central de la columna está sujeta la corona giratoria donde están montados la viga cajón y el actuador multivuelta. La viga cajón inferior forma junto con la estructura en celosía y la viga cajón superior la estructura que soporta el brazo de cinta transportadora.

El actuador multivuelas engrana su piñón con la corona giratoria central y hace girar el brazo de cinta transportadora independientemente de la viga puente. Sobre la viga cajón superior está fijada la corona giratoria superior donde está instalada la plataforma de apoyo. Para impedir la torsión entre plataforma de apoyo y el puente de cinta alimentadora se encuentra instalado aquí el arrastrador. El puente y el brazo de cinta transportadora están unidos entre sí mediante la guía de alimentación y la resbaladera orientable. (THYSSENKRUPP, 2018, p. 100)

2.4.2.4 *Rascador de Cadena*

El rascador es una cadena de casquillos sin fin de dos ramales que circula entre el eje motriz en la bancada de apoyo y el eje tensor en la estación tensora. Los ramales de la cadena están unidos entre sí mediante cangilones. Estos cangilones llevan el material a granel, que cae bajo la viga puente hasta la columna central, donde es transportada hasta la resbaladera de base.

Los rodillos ruedan a lo largo del rascador de cadena sobre los carriles guía que están soldados o atornillados en las suspensiones guía. La estructura metálica de la estación tensora es un armazón en el lado libre de la viga puente que, al igual que las suspensiones guía, está fijado en la parte inferior de la viga puente. En la estación tensora, el eje tensor puede ser desplazado hidráulicamente mediante un sistema hidráulico de tensado. (THYSSENKRUPP, 2018, p. 102)

2.4.2.5 *Viga Puente*

La viga puente es un elemento portante para el rascador de cadena y el sistema de rastrillo, está concebido en forma de viga cajón. La viga puente está alojada sobre el anillo soporte de la parte central de la columna. El lado libre descansa sobre el apoyo de soporte pendular sobre los mecanismos de traslación que se pueden mover sobre el carril circular alrededor de la columna central.

El apoyo de soporte pendular permite ligeros movimientos relativos entre el elemento de puente y el mecanismo de traslación en cualquier dirección. Mediante el apoyo de soporte pendular se consigue que los ligeros desniveles de los carriles y las dilataciones del elemento de puente no obstaculicen la marcha de la viga puente.

La viga puente está concebida en forma de horquilla en el lado del punto fijo para abarcar la parte central de la columna. En el lado fijo se encuentra el acceso desde el área de apilamiento a la viga puente y desde allí, a través de la plataforma, hasta la columna central. (THYSSENKRUPP, 2018, p. 100)

2.4.2.6 *Mecanismo de traslación*

El soporte pendular de la viga puente descansa sobre mecanismos de traslación. Según el tamaño constructivo del parque circular y, en consecuencia, de la carga de peso de las distintas ruedas de grúa, los mecanismos de traslación están concebidos como bogies de dos, tres, cuatro o seis ruedas. Los bogies de accionamiento están provistos de accionamientos de traslación. Delante y detrás de cada mecanismo de traslación están fijados los limpiavías, que durante el desplazamiento de la viga puente retiran cuerpos extraños del carril y adicionalmente lo engrasan. (THYSSENKRUPP, 2018, p. 101)

CAPÍTULO III

3. INSTALACIÓN DEL PARQUE CIRCULAR DE PREHOMOGENEIZACIÓN DE CALIZA

En este capítulo se presenta los procedimientos llevados a cabo en la instalación del parque circular de prehomogeneización de caliza, guiados en el manual de instalación proporcionado por el fabricante. En el diagrama de la Figura 3-1 se muestra la secuencia llevada a cabo para el desarrollo de la instalación.

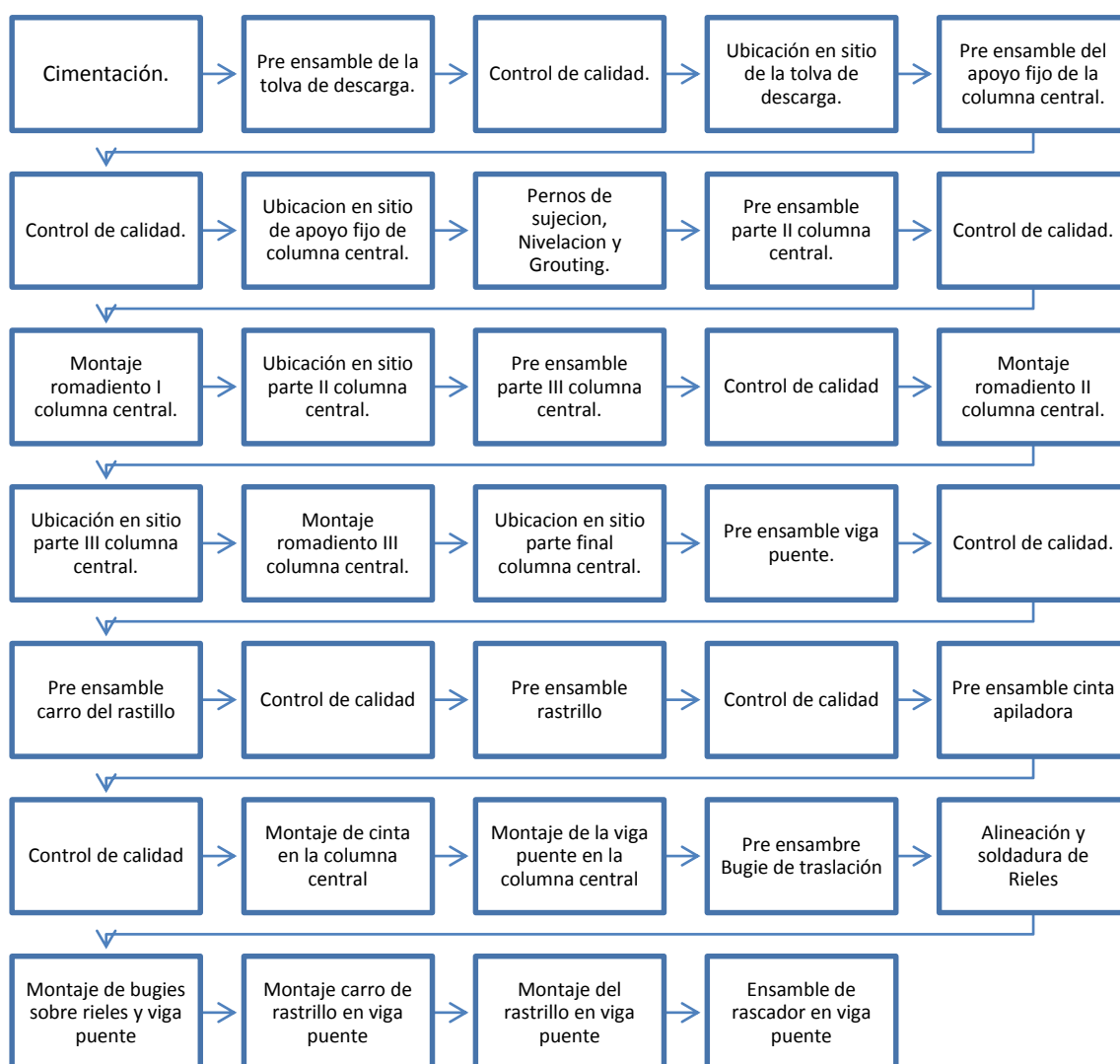


Figura 1-3: Procedimiento para la instalación del parque circular de prehomogeneización

Fuente: Elaboración Propia

3.1 Procedimientos para la instalación del parque circular de prehomogeneización

3.1.1 Cimentación

El proceso de cimentación se lo realiza con cemento fabricado dentro de Unión Cementera Nacional UCEM con una composición mejorada a la fórmula normal, con la finalidad de darle mejores características al hormigón resultante para el proyecto de la nueva línea de clinkerización. La preparación estuvo a cargo del departamento de Hormigón de la empresa, quienes debían asegurar una resistencia de 350 kg/cm^2 , es decir, de alta resistencia. Esto para asegurar la resistencia a las cargas generadas dentro del parque además de sus vibraciones.

Se necesitó un total aproximado de 2784 m^3 de hormigón para la cimentación de todo el parque circular de prehomogeneización, tanto para el soporte de la columna central, soporte de rieles y para el soporte de toda la cubierta de estructura metálica donde se aloja el sistema de prehomogeneización de caliza, como se muestra en la Figura 2-3.



Figura 2-3: Cimentación terminada del parque de prehomogeneización

Fuente: Autor

3.1.2 Preensamble de la tolva de descarga

La tolva de descarga se encuentra en la base de la columna central, donde el material prehomogeneizado cae a una cinta transportadora que la lleva hacia la tolva de almacenaje, para luego ser dosificado antes de entrar al molino de crudo, misma que es armada en el campo ya que su transporte desde la fábrica se lo realiza en piezas y componentes.

Para empezar, se realiza la selección y verificación que todos los elementos constitutivos hayan llegado al campo para iniciar con el proceso de preensamble, identificando la posición de cada uno de ellos debido a que vienen etiquetados con el código del elemento al que pertenecen.

Seguido a esto iniciamos con los trabajos de preensamble de la tolva de descarga realizando la unión de cada uno de los componentes pertenecientes a la misma, siguiendo y respetando las medidas, tolerancias y directrices proporcionadas en los planos entregados por el fabricante. Al tener piezas que unir, de forma permanentemente como desmontables se utiliza soldadura SMAW para puntear los elementos que requieren uniones permanentes con electrodo E7018, para la soldadura definitiva se utiliza el proceso FCAW con un electrodo consumible E71T-1. Las uniones desmontables de tipo roscadas se las realiza para la junta de las piezas de la tolva, aplicando su torque de acuerdo con lo indicado en el Anexo A y un grado de resistencia 8.8 del perno.

Al término de unir cada una de las piezas constitutivas de este elemento, se procede a realizar las pruebas de control de calidad tanto de dimensiones, tolerancias, soldadura y torque de pernos en cada uno de los elementos que forman la tolva de descarga.



Figura 3-3: Tolva de descarga preensamblada

Fuente: Autor

3.1.3 *Ubicación en sitio de la tolva de descarga*

Culminado el control de calidad del preensamble, la tolva es ubicada en su lugar definitivo y sujeta con pernos a la placa adherida a la cimentación en la base de la columna central, aplicando de igual manera el torque requerido para los pernos M16 de calidad 8.8 destinados para este fin según el Anexo A.

Para el traslado desde el punto de preensamble hasta su ubicación definitiva se emplea una grúa con una capacidad de 100 toneladas y utilizando pernos de sujeción y una faja de transporte para garantizar la seguridad tanto para los obreros como para evitar daños en la pieza preensamblada, como se observa en la Figura 4-3.



Figura 4-3: Traslado de la tolva a su sitio definitivo

Fuente: Autor

Con la ayuda de la grúa se traslada cada una de las piezas de la tolva de descarga hasta la base de la columna central, para ello se suelda orejas de transporte al cuerpo interior de las mismas para facilitar su transporte tanto en la parte superior como en la inferior de la misma ya que se las levanta por separado y acopla por medio de soldadura SMAW para el punteo inicial con electrodo E7018 y FCAW con electrodo E71T-1 para su ensamble final, Figura 5-3.

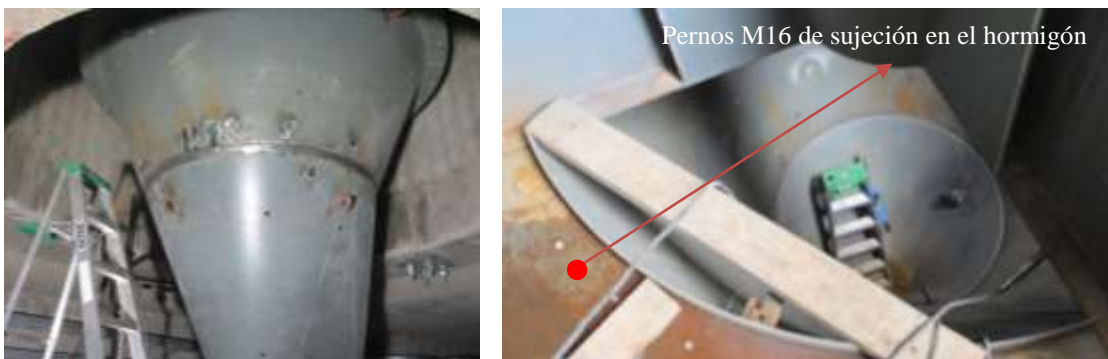


Figura 5-3: Tolva de descarga ubicada en sitio

Fuente: Autor

3.1.4 *Preensamble del apoyo fijo de la columna central*

El apoyo fijo es donde descansa todo el peso de la estructura metálica del parque circular de prehomogeneización al igual que el resto de los componentes de la columna central, este elemento es armado en el campo como la gran mayoría de piezas.

Para empezar, se realiza la selección y clasificación de los componentes pertenecientes al apoyo fijo y se los traslada al campo para empezar con los trabajos de preensamble correspondiente a este elemento, como se muestra en la Figura 6-3.



Figura 6-3: Apoyo fijo con sus componentes no acoplados

Fuente: Autor

Al término de esto se inicia con los trabajos de preensamble, realizando la unión de cada uno de los miembros pertenecientes al mismo, siguiendo y respetando las medidas, tolerancias y directrices proporcionadas en los planos entregados por el fabricante.

El apoyo fijo fue entregado con solo uno de sus cuatro soportes soldados, por lo que el resto de estos se los coloca en el campo. Para ello se procede a ubicarlos en su posición y realizar el punteo entre estos y el cuerpo del apoyo fijo con un proceso de soldadura SMAW con electrodo E7018, seguidamente se verifica sus dimensiones y tolerancias proporcionadas en los planos por fabricante, al comprobar las dimensiones correctas y para evitar el efecto de la contracción durante la soldadura definitiva se procede a rigidizar los soportes que habían sido colocados en el campo mediante el uso de tubos metálicos soldados entre sí y con el cuerpo del apoyo fijo con un proceso de soldadura SMAW con electrodo E7018, con esto se evitan posibles deformaciones causadas en el proceso de soldadura definitiva, para la soldadura definitiva se usa el proceso de soldadura FCAW con electrodo E71T-1. Finalmente se pasa a retirar la estructura que rigidizó los elementos

para el proceso de soldadura con el uso de una amoladora con un disco de corte y posterior pintura de los puntos donde fueron soldados. Como se muestra en la Figura 7-3.

Al término de unir cada una de las piezas constitutivas se realizan pruebas de control de calidad tanto de dimensiones, tolerancias y soldadura de cada uno de los elementos unidos para formar este elemento.



Figura 7-3: Apoyo fijo preensamblado

Fuente: Autor

3.1.5 *Ubicación en sitio del apoyo fijo de la columna central*

Después de haber pasado el control de calidad del preensamble, el apoyo fijo es llevado hacia su lugar definitivo ubicado en el centro del parque de prehomogeneización y base de la columna central, se lo ubica en su lugar sobre la tolva de descarga.

Para el traslado desde el punto de preensamble hasta su ubicación definitiva se utiliza una grúa con una capacidad de 100 toneladas, utilizando pernos de sujeción y una faja de transporte para garantizar la seguridad tanto para los obreros como para evitar daños en la pieza preensamblada. En cada uno de los soportes se colocan orejas de trasporte donde se sujetan las fajas para el trasporte del mismo, esto facilita la sujeción y el transporte con grúa.

Para la fijación permanente se utilizan pernos, Figura 8-3, que se ajustan desde la parte inferior de la tolva de descarga y alimentación de la cinta transportadora que lleva el material hasta la

tolva de almacenaje, con una tuerca M56 con una longitud del perno de 3100 mm para sujetar toda la estructura en sus cuatro soportes y colocando 4 pernos y tuercas en cada uno de los mismos. En este caso se usa pernos de gran tamaño debido a que soportarán grandes esfuerzos, son los encargados de fijar toda la estructura en la cimentación y se necesita mayor sección para soportar dichos esfuerzos.



Figura 8-3: Pernos de sujeción del apoyo fijo de la columna central

Fuente: Autor

Luego de colocar tanto el apoyo fijo con los pernos y tuercas de sujeción, Figura 9-3, se procede a la nivelación del mismo, este proceso se lleva a cabo con la ayuda del grupo de topografía para obtener datos más precisos y seguros.

Después de haber pasado la topografía se le debe aplicar grouting en la base para rellenar los espacios que quedan después de realizar la nivelación, este método grouting se lo utiliza para brindarnos mayores prestaciones como una gran fluidez, poca retracción, alta resistencia mecánica y fácil aplicación en comparación con el hormigón tradicional. El grouting también es llamado mortero para anclajes debido a que es utilizado para rellenar bases, anclajes y espacios pequeños que quedan entre el hormigón y el apoyo fijo de la columna central.



Figura 9-3: Apoyo fijo instalado en sitio

Fuente: Autor

Para finalizar el proceso de instalación del apoyo fijo de la columna central se observa que debido a que la caída del material hacia la tolva de descarga puede ocasionar que los soportes sufran un deterioro prematuro, por lo que se suelda ángulos acostado en cada uno de ellos de 8 mm de espesor y un ángulo de 120° de apertura, como se muestra en la Figura 10-3, para cuando se observe deterioro estos puedan ser reemplazados y no afectar al soporte de toda la estructura.



Figura 10-3: Refuerzo en los soportes del apoyo fijo

Fuente: Autor

3.1.6 *Preensamble de la parte II de la columna central*

La parte II de la columna central es el punto en el cual se acopla la viga puente, donde se va a apoyar su giro para el accionamiento tanto del sistema de rastrillo como del rascador de cadena, al igual que el resto de componentes se lo ha ido preensamblando en el campo para su posterior instalación en su posición definitiva.

Para empezar con este proceso se seleccionan todos los componentes constitutivos de la misma y se los lleva hacia el campo para iniciar con los trabajos de preensamble.

Seguido a esto se inicia el preensamble de la parte II de la columna central realizando la unión de cada uno de los miembros pertenecientes al mismo, siguiendo y respetando las medidas, tolerancias y directrices proporcionadas en los planos entregados por el fabricante.



Figura 11-3: Parte II de la columna central preensamblada

Fuente: Autor

En la parte inferior de este elemento va apoyada la viga puente, se le deben colocar los soportes en donde va a ser acoplado este elemento, mismos que son soldados en la posición indicada según los planos entregados por el fabricante. Inicialmente se sujeta en su posición mediante el punteo con soldadura SMAW con electrodo E7018, Figura 12-3, para posteriormente ser soldado de manera definitiva con soldadura FCAW con electrodo E71T-1.

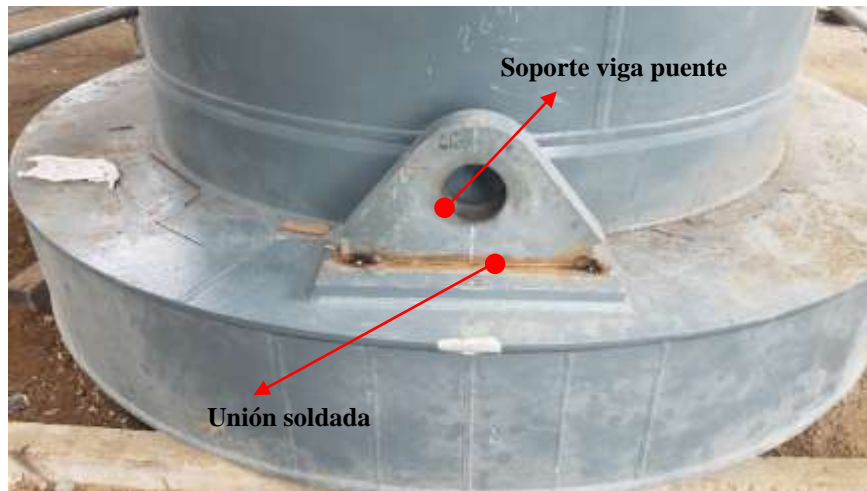


Figura 12-3: Soporte de acople entre columna central con la viga puente

Fuente: Autor

Al término de unir cada una de las piezas constitutivas de la parte II de la columna central se realizan pruebas de control de calidad tanto de dimensiones, tolerancias y soldadura de cada uno de los elementos unidos para formar dicho elemento.

3.1.7 *Montaje del rodamiento I de la columna central*

Este rodamiento nos permite el libre movimiento de la columna central y lo independiza del movimiento que realiza la cinta apiladora ubicada en la parte superior de la misma, este rodamiento se lo debe limpiar ya que llegó con un recubrimiento de lubricante para evitar la corrosión y posible deterioro en el transporte, Figura 13-3.



Figura 13-3: Rodamiento I

Fuente: Autor

El mismo es colocado en la parte superior del apoyo fijo e inferior de la parte II de la columna central, siendo así la conexión entre estas dos piezas. Para ello se tuvo que realizar el traslado tanto del rodamiento I como de la parte II de la columna central al campo para ser montados al mismo tiempo y ser sujetados uno con el otro a través de uniones empernadas ya que el

rodamiento viene con pernos de sujeción en cada lado de este para facilitar su instalación en el campo.

Después de ser colocado y atornillado de una manera preliminar con un 50% del torque establecido en el Anexo A perteneciente a un perno M36 de grado 10.9, se debe controlar su nivelación tanto de manera horizontal como vertical, esto se lo realiza con la ayuda del grupo de topografía para asegurarnos que la instalación sea la correcta. Culminada la nivelación se realiza un apriete al 100% de los pernos correspondientes a cada lado del rodamiento con el torque correspondiente a este tamaño de pernos, respetando el valor de apriete especificado en el Anexo A. Finalmente queda montado como se puede observar en la Figura 14-3.



Figura 14-3: Rodamiento I instalado

Fuente: Autor

Este rodamiento es el encargado de soportar mayor carga que los otros dos, soporta tanto el peso superior de la columna central y sobre él se apoya la viga puente, por lo tanto, posee una doble fila de bolas de rodadura para resistir la carga que estos elementos generan. Sus pernos son M36 ya que para soportar dichas cargas y fijar estos elementos se necesita una gran sección que soporte los esfuerzos resultantes generados.

3.1.8 *Ubicación en sitio parte II de la columna central*

Este proceso se realiza a la par del montaje del rodamiento I de la columna central ya que el rodamiento es la conexión entre el apoyo fijo con la parte II de la misma, por lo que el traslado y ubicación se lo realiza al mismo tiempo con la grúa de 100 toneladas de capacidad.

Se verifica su nivelación tanto horizontal como vertical con el grupo de topografía, esto para garantizar una adecuada nivelación del mismo, se aprieta los pernos correspondientes en el lado superior del rodamiento I y aplicando el torque al 50% de lo requerido para un perno M36 de grado 10.9. Al comprobar tanto la nivelación horizontal como vertical se procede a aplicar el torque definitivo de los pernos del rodamiento I con el 100% de su valor nominal según el Anexo A, como se puede observar en la Figura 15-3.



Figura 15-3: Parte II columna central instalada

Fuente: Autor

3.1.9 *Preensamble parte III columna central*

La parte III de la columna central es donde va soportada la cinta apiladora y donde cae la piedra caliza que llega hacia el parque por medio de una cinta transportadora, cae a un chute hacia la cinta apiladora para empezar el proceso de prehomogeneización, como el resto de los componentes se la debe ir preensamblando antes de ser ubicada en su lugar definitivo.

Para empezar con este proceso se seleccionan todos los componentes constitutivos de la misma y se los trasladan hacia el campo para poder iniciar con los trabajos de preensamble. En la Figura 16-3 podemos observar la ubicación en el campo de la parte III de la columna central.



Figura 16-3: Parte III columna central antes del preensamble

Fuente: Autor

Teniendo todas piezas en el campo se inicia con los trabajos de preensamble de la parte III de la columna central realizando la unión de cada uno de los miembros pertenecientes al mismo, siguiendo y respetando las medidas, tolerancias y directrices proporcionadas en los planos entregados por el fabricante. Inicialmente la unión de todos los elementos se los realiza con punteo por medio de soldadura SMAW con electrodo E7018 para un ensamble preliminar, se realiza por medio de topografía una revisión total de la estructura para su nivelación tanto horizontal como vertical antes de que se realice la soldadura definitiva con un método FCAW con electrodo E71T-1, Figura 17-3.



Figura 17-3: Parte III de la columna central preensamblada

Fuente: Autor

En la parte superior de la parte III de la columna central se encuentra el chute de descarga, Figura 18-3, donde ingresa el material triturado para entrar al proceso de prehomogeneización. Las dimensiones del mismo se encuentran en los planos suministrados por el fabricante.



Figura 18-3: Chute de ingreso de material al parque de prehomogeneización

Fuente: Autor

Al término de unir cada una de las piezas constitutivas de la parte III de la columna central se realizan pruebas de control de calidad tanto de dimensiones, tolerancias y soldadura de cada uno de los elementos unidos para formar este elemento.

3.1.10 Montaje del rodamiento II de la columna central

El rodamiento II de la columna central, Figura 19-3, soporta el movimiento de la cinta apiladora de una forma independiente del que realiza la parte II de la columna central que es la encargada del movimiento del sistema de rastrillo como el rascador de cadena. Al igual que el rodamiento I llegó cubierto de un lubricante de protección para evitar su deterioro en el transporte.



Figura 19-3: Rodamiento II de la columna central

Fuente: Autor

Este elemento se coloca en la parte superior de la parte II e inferior de la parte III de la columna central, siendo así la conexión entre estas dos piezas. Para ello se realiza el traslado tanto del rodamiento II como de la parte III de la columna central al campo para ser montados al mismo tiempo y ser sujetados uno con el otro a través de uniones empernadas debido a que el rodamiento al igual que el rodamiento I vienen con pernos de sujeción en cada lado de este para facilitar su instalación en el campo.

Una vez colocado y atornillado de una manera preliminar con un 50% según el Anexo A para un perno M30 de calidad 10.9, se debe controlar su nivelación tanto de manera horizontal como vertical, esto se lo realiza con la ayuda del grupo de topografía para asegurarnos que la instalación sea la correcta. Después de haber nivelado se realiza el apriete al 100% de los pernos correspondientes a cada lado del rodamiento con el torque correspondiente a este tamaño de pernos, respetando el valor de apriete especificado en el Anexo A. Finalmente queda montado Figura 20-3.



Figura 20-3: Rodamiento II montado

Fuente: Autor

Este rodamiento es el encargado de soportar la carga generada por la cinta apiladora y parte III de la columna central, por lo tanto, posee una sola fila de bolas de rodadura para resistir la carga que estos elementos generan. Sus pernos son M30 ya que para soportar dichas cargas y fijar estos elementos se necesita una sección considerable que soporte los esfuerzos resultantes generados.

3.1.11 Ubicación en sitio de la parte III de la columna central

Este proceso se lo hace a la par del montaje del rodamiento II de la columna central ya que este rodamiento es la conexión entre la parte II con la parte III de la misma por lo que el traslado y ubicación se lo realiza al mismo tiempo con la grúa de 100 toneladas de capacidad y con el uso de mangas de transporte, se suelda orejas de transporte en la parte superior de la parte III de la

columna central, esto para facilitar el movimiento desde su punto de preensamble hasta su posición definitiva, Figura 21-3. Este tramo de la columna central va a ser el encargado de sostener y dar su movimiento de rotación a la cinta apiladora por lo que es donde se encuentra el accionamiento por medio del actuador multivueltas que cuenta con un piñón en la parte inferior de este elemento.

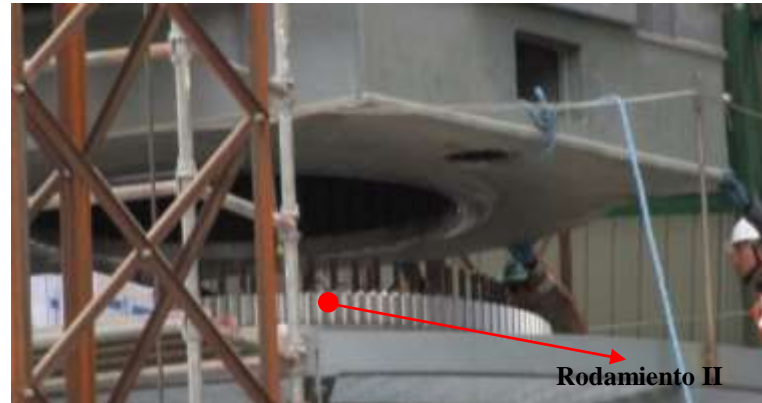


Figura 21-3: Acople entre rodamiento II y parte III de la columna central

Fuente: Autor

Se verifica la nivelación tanto horizontal como vertical con el grupo de topografía para garantizar la nivelación del mismo y se ajusta los pernos correspondientes en el lado superior del rodamiento II y aplicando el torque al 50% de lo requerido en un perno M30 y calidad 10.9. Al quedar nivelado tanto horizontal como vertical se procede a aplicar el torque definitivo de los pernos del rodamiento II con el 100% de su valor nominal según el Anexo A.



Figura 22-3: Parte III de la columna central en sitio

Fuente: Autor

3.1.12 *Montaje del rodamiento III de la columna central*

El rodamiento III de la columna central soporta el movimiento de la cinta apiladora en conjunto con el rodamiento II para realizar el movimiento de rotación para el apilamiento de material. Además, nos ayuda a mantener el movimiento ya que la parte final de la columna central se la fija con el soporte la cinta transportadora donde llega el material, que es una parte fija de la estructura. Al igual que el rodamiento I y II llegó cubierto de un lubricante de protección para evitar su deterioro en el transporte, Figura 23-3.



Figura 23-3: Rodamiento III

Fuente: Autor

Se lo coloca en la parte superior de la parte III e inferior de la parte final de la columna central, siendo así la conexión entre estas dos piezas. Para ello se realiza el traslado tanto del rodamiento III como de la parte final de la columna central al campo para ser montados al mismo tiempo y ser sujetados uno con el otro a través de uniones empernadas debido a que este al igual que el rodamiento I viene con pernos de sujeción en cada lado de este para facilitar su instalación en el campo.

Después de ser colocado y atornillado de una manera preliminar con un 50% del torque se debe controlar su nivelación tanto de manera horizontal como vertical, esto se lo realiza con la ayuda del grupo de topografía para asegurarnos que la instalación sea la correcta. Al término de ser nivelado se realiza el apriete al 100% de los pernos correspondientes a cada lado del rodamiento con el torque correspondiente a pernos M20 y calidad 10.9, respetando el valor especificado en el Anexo A. Quedando así montado en su posición, Figura 24-3.



Figura 24-3: Rodamiento III montado

Fuente: Autor

Finalmente, este rodamiento es el encargado de soportar la carga generada por la estructura de la cinta que transporta la caliza hasta el parque, por lo tanto, posee una sola fila de bolas de rodadura para resistir la carga que estos elementos generan. Sus pernos son M20 ya que para soportar dichas cargas y fijar estos elementos se necesita una sección grande que soporte los esfuerzos resultantes generados.

3.1.13 *Ubicación en sitio de la parte final de la columna central*

La parte final de la columna central es donde soporta la carga que ejerce la estructura de la cinta transportadora que lleva la piedra caliza previamente triturada hacia el parque de prehomogeneización, esta parte ya llegó preensamblada de fabrica por lo que se realiza la soldadura de apoyos deslizantes, mostrados en la Figura 25-3, donde se apoyará la estructura de la cinta transportadora, y finalmente, se realiza una limpieza para el acople del rodamiento III, Figura 26-3.

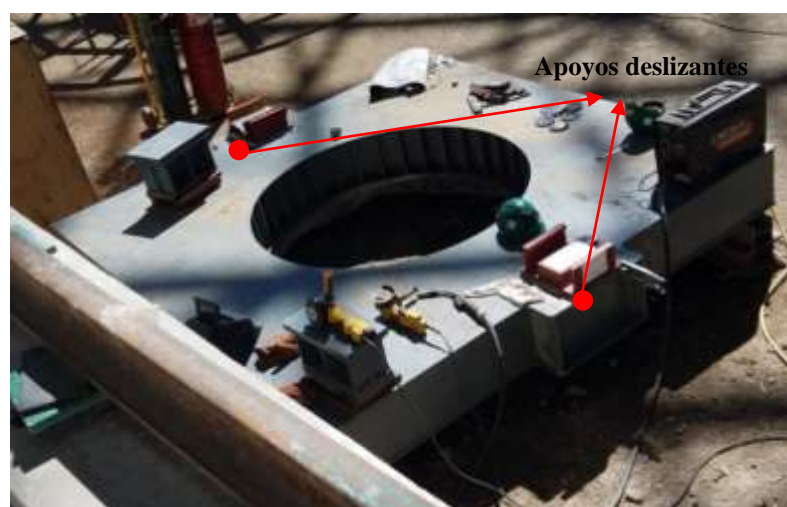


Figura 25-3: Soldadura de apoyos deslizantes

Fuente: Autor



Figura 26-3: Limpieza donde va el rodamiento III

Fuente: Autor

Después de tener lista la parte final de la columna central se procede a la ubicación en su lugar definitivo sobre nuestro rodamiento III, siendo el soporte para la estructura de la cinta transportadora de caliza hacia el parque de prehomogeneización, Figura 27-3.



Figura 27-3: Parte final de la columna central montada

Fuente: Autor

Los apoyos deslizantes son la conexión directa entre la columna central y la estructura de la cinta que transporta la caliza hacia el parque, nos ayudan a absorber posibles movimientos longitudinales producido en la estructura para que no afecte a columna central generando esfuerzos flectores en la misma produciendo cargas adicionales en sus componentes.

3.1.14 *Preensamble de la viga puente*

La viga puente es la estructura más grande del parque circular de prehomogeneización y más resistente también, ya que sobre ella se soporta tanto el sistema de rastrillo como el rascador de cadena, por ende debe soportar la carga de estos dos elementos a más de su propio peso, por esta razón su interior ha sido rigidizado por medio de placas a lo largo de toda la estructura interna pero dejando un espacio para que se pueda realizar el ingreso a su interior tanto para su montaje como para un posible mantenimiento posterior, se lo puede observar en la Figura 28-3.



Figura 28-3: Partes de viga puente en campo

Fuente: Autor

Se inicia con el transporte al campo de las partes de la viga puente, en nuestro caso contamos con cuatro partes constitutivas que por medio de una grúa son llevadas al campo donde posteriormente serán juntadas, Figura 29-3.

Cada una de las cuatro partes son llevadas hacia el campo de una manera independiente desde el sitio de almacenaje y descarga de los contenedores que llegan desde la fábrica, de igual manera con la ayuda de fajas de transporte y grúa se las ubica en campo para empezar con el preensamble y soldadura de sus componentes. Se elaboran banquillos metálicos de soporte para las cuatro partes con el fin de facilitar su montaje, como se observa en la Figura 29-3.



Figura 29-3: Ubicación en campo de partes de viga puente

Fuente: Autor

Se empieza con el preensamble y unión de las cuatro partes de la viga puente, primero realizando la alineación de sus cuatro partes con el grupo de topografía, se colocan placas de unión empernadas para que mantengan su colinealidad uno con otro, tanto en la parte lateral como superior e inferior del mismo, para terminar, se realizan puntos de soldadura temporal con soldadura SMAW con electrodo E7018, como se muestra en la Figura 30-3.

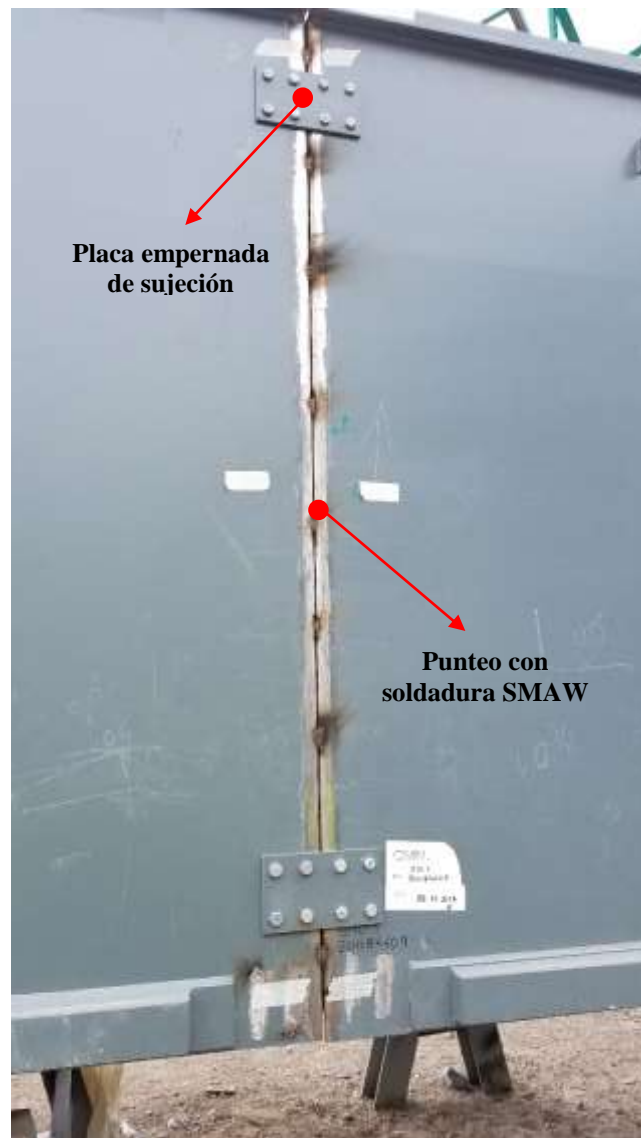


Figura 30-3: Junta temporal viga puente

Fuente: Autor

Después de comprobar tanto el alineamiento como el cambel o contraflecha que debe tener la viga puente se procede a la rigidización tanto exterior como interior de todas las partes constitutivas de la misma, Figura 32-3, esto para evitar deformaciones durante la soldadura definitiva, el WPS (especificación del procedimiento de soldadura) del proceso definitivo de soldadura se adjunta en el Anexo N.

Para la soldadura definitiva mediante el proceso FCAW con el uso de electrodo E71T-1 se inicia con la soldadura de la parte inferior de nuestra viga puente y con la permanente ayuda del grupo de topografía para evitar que el cambel sea alterado. Después de la soldadura de todas las juntas inferiores de la viga puente se vuelve a comprobar el cambel en 3 puntos importantes mostrados en la Figura 31-3. La contraflecha nos ayuda a contrarrestar la deformación producida por las cargas ejercidas sobre la viga puente tanto de su propio peso como el de los elementos acoplados a la misma

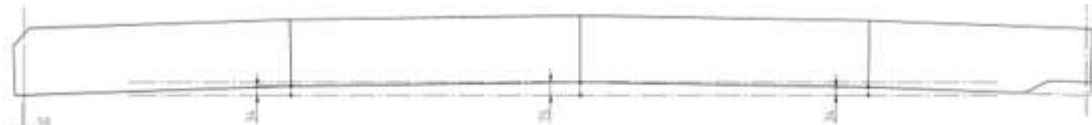


Figura 31-3: Cambel de la viga puente

Fuente: Autor

Posteriormente se realiza la soldadura de los costados y finalmente la parte superior de las juntas, esto se lo realiza con el fin de evitar la deformación y variación del cambel por efectos de la contracción después de un proceso de soldadura, pero que de igual manera se la revisa al finalizar el proceso de soldadura de la parte superior de las piezas.



Figura 32-3: Unión rigidizada de viga puente

Fuente: Autor

Se realiza el control de calidad de todas las juntas soldadas tanto con inspección visual y tintas penetrantes para garantizar la calidad de la soldadura y durabilidad en el tiempo. Para terminar la

unión de las cuatro partes de la viga puente se procede a pintar las uniones soldadas y se mantener las uniones por pernos, como se observa en la Figura 33-3.

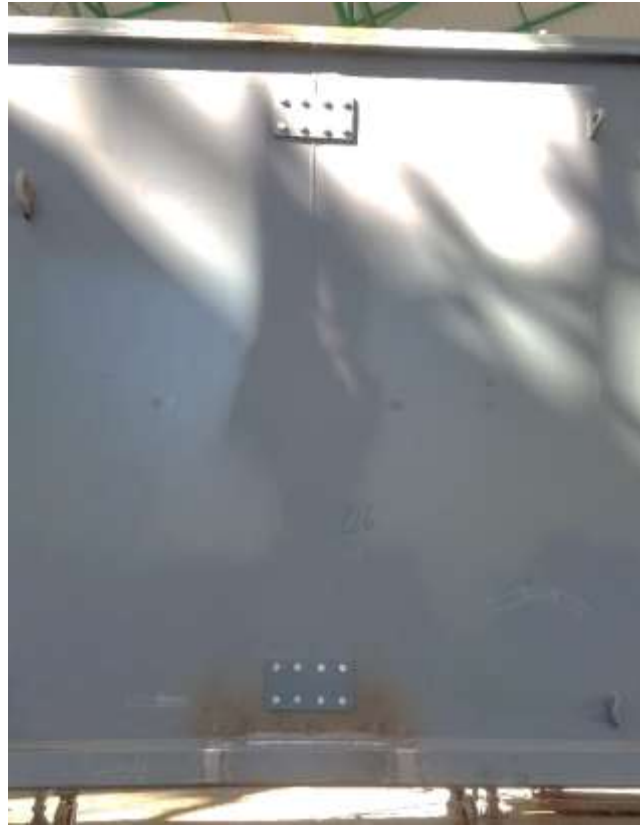


Figura 33-3: Unión final de viga puente

Fuente: Autor

Para finalizar se realiza la soldadura de los rieles guías donde se va a deslizar el carro de rastrillo encargado del desapilado de los lechos de piedra caliza.

La viga puente permanece en los banquillos hasta que estén el resto de componentes listos para ser montados con la columna central.

Las dimensiones, tolerancias y directrices las encontraremos en los planos suministrados por el fabricante para el correcto montaje.

3.1.15 *Preensamble del carro del rastrillo*

Encargado del movimiento longitudinal que realiza el sistema de rastrillo para el desapilado del lecho de piedra caliza, aquí es donde se va a soportar el peso de la estructura en celosía del rastrillo, como la mayoría de los componentes del parque de prehomogeneización su preensamble se lo realiza en el campo.

Para empezar con este trabajo seleccionamos todos los componentes constitutivos de la misma y se los llevará hacia el campo para poder iniciar con los trabajos de preensamble, se realiza la sujeción de la estructura del carro de rastrillo en un costado de la viga puente para asegurar su fijación y ayudar a un mejor ensamble de las piezas constitutivas del mismo, Figura 34-3.

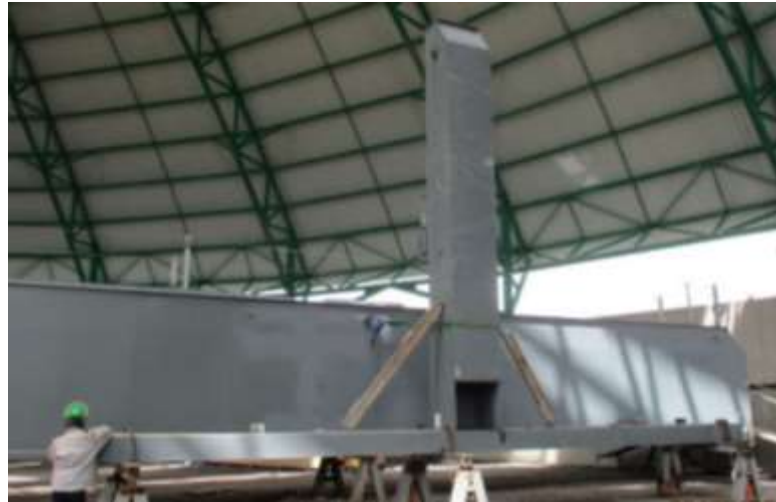


Figura 34-3: Inicio del preensamble del carro de rastrillo

Fuente: Autor

Culminado esto se inicia con los trabajos de preensamble del carro de rastrillo realizando la unión de cada uno de los miembros pertenecientes al mismo, siguiendo y respetando las medidas, tolerancias y directrices proporcionadas en los planos entregados por el fabricante. Inicialmente la unión de todos los elementos se los realiza con punteo por medio de soldadura SMAW con electrodo E7018 para un ensamble preliminar, posterior a ello se realiza por medio de topografía una revisión total de la estructura de nivelación tanto horizontal como vertical antes de que se realice una soldadura definitiva con un método FCAW con electrodo E71T-1, Figura 35-3.



Figura 35-3: Inicio del preensamble del carro de rastrillo

Fuente: Autor

Se hace un control de calidad de todas las juntas soldadas tanto con inspección visual y tintas penetrantes para garantizar la calidad de la soldadura y durabilidad en el tiempo. Para terminar la unión de las partes constitutivas del carro de rastrillo se procede a pintar las uniones soldadas.

3.1.16 *Preensamble del rastrillo*

Es la estructura en celosía que está en contacto directo con el lecho de caliza y encargado del desapilado, el rastrillo va a ir montado sobre el carro de soporte que va a realizar el movimiento de desplazamiento a lo largo de la viga puente donde se encuentran instaladas sus rieles guía para este movimiento.

Para empezar con este proceso se selecciona todos los componentes constitutivos del mismo y se los lleva hacia el campo para poder iniciar con los trabajos de preensamble. Las piezas se las coloca sobre banquillos de madera para realizar un ensamble preliminar y unir las en las juntas, como se observa en la Figura 36-3.



Figura 36-3: Rastrillo en campo para su preensamble

Fuente: Autor

Para facilidad de ensamble se suelda placas guías en los puntos de unión ya que la estructura está compuesta por tubo cuadrado, con las placas guías se facilita la junta de sus componentes en los puntos de unión. Estas placas de dos pulgadas de ancho se las suelda en el campo con un proceso SMAW con electrodo E7018 en sus laterales para no intervenir en la soldadura definitiva de la estructura del rastrillo, mostrado en la Figura 37-3.



Figura 37-3: Placas guías para ensamble

Fuente: Autor

Se procede a la unión de cada uno de los componentes del rastrillo y el punteo preliminar, Figura 38-3, siguiendo las directrices proporcionadas en los planos entregados por el fabricante



Figura 38-3: Rastrillo punteado

Fuente: Autor

Teniendo el ensamble preliminar se debe comprobar el cambel respectivo en la parte izquierda de la estructura del rastrillo, teniendo una desviación de $1,02^\circ$ respecto al resto de la estructura como se muestra en la Figura 39-3.



Figura 39-3: Cambel del rastrillo

Fuente: Autor

Se realiza la verificación de este cambel en el lado izquierdo de la estructura del rascador con la ayuda del grupo de topografía, después de que se ha verificado dicha medida se autoriza la realización de la soldadura definitiva de toda la estructura con un proceso FCAW con electrodo E71T-1.

Se hace el control de calidad de todas las juntas soldadas tanto con inspección visual y tintas penetrantes para garantizar la calidad de la soldadura y durabilidad en el tiempo. Para terminar la unión de las partes constitutivas del rastrillo se procede a pintar las uniones soldadas.

Finalmente se agrega una estructura de sacrificio en la celosía del rastrillo para que esté en contacto directo con la piedra caliza, esto nos ayuda a proteger la estructura del rastrillo y al mantenimiento convirtiendo a esta estructura de sacrificio en piezas intercambiables cuando hayan sufrido un deterioro por el uso, se la puede notar en la Figura 40-3.



Figura 40-3: Colocación de la estructura de sacrificio en rastrillo

Fuente: Autor

3.1.17 *Preensamble de la cinta apiladora*

La cinta apiladora es la encargada de formar el lecho de caliza, colocando el material previamente triturado y transportado hasta el parque de prehomogeneización, es la encargada del transporte desde la caída de descarga hasta la pila circular de caliza.

Para empezar con este proceso se seleccionan todos los componentes constitutivos de la misma y se los lleva hacia el campo para poder iniciar con los trabajos de preensamble. Las piezas se las coloca sobre banquillos metálicos para realizar un ensamble preliminar y juntarlas en sus tres uniones, ya que la estructura de soporte consta de cuatro partes, Figura 41-3.



Figura 41-3: Estructura soporte de la cinta apiladora

Fuente: Autor

Para el preensamble de la cinta apiladora se realiza la unión preliminar a través del punteo entre sus componentes que forman el soporte de la cinta, Figura 42-3, esto se lo hace para realizar una junta inicial de sus componentes y verificar tanto dimensiones como tolerancias entregadas por el fabricante.



Figura 42-3: Estructura soporte de la cinta apiladora punteada

Fuente: Autor

Se realiza el control de nivelación de cada una de las partes unidas para formar el soporte de la cinta apiladora, esto lo lleva a cabo el grupo de topografía verificando tanto la alineación como las cotas correspondientes a este elemento. Después de ser verificadas las dimensiones y alineación se procede a la soldadura definitiva del soporte de la cinta con un proceso de soldadura FCAW con electrodo E71T-1.

Con el soporte de la cinta apiladora soldado definitivamente, se procede a la instalación de los rodillos donde se va a deslizar la cinta de goma que transporta el material, se debe iniciar con el montaje del tambor de accionamiento, ser nivelado y colocado en el sitio definitivo, Figura 43-3.



Figura 43-3: Tambor de accionamiento

Fuente: Autor

Este va a ser el punto de partida para alinear el tambor conducido o también llamado de cola, mostrado en la Figura 44-3, el cual debe estar en paralelo con el tambor motriz.



Figura 44-3: Tambor conducido

Fuente: Autor

Se coloca según corresponda los rodillos de transporte, impacto, retorno, tensores y rascadores en V de limpieza, Figura 45-3, según los planos del fabricante. Además, es importante la colocación de los pisos de acceso a la cinta que se deben instalar con pernos de sujeción M12 y torqueados según el Anexo A.



Figura 45-3: Montaje de rodillos de transporte

Fuente: Autor

Con todos los rodillos instalados en el soporte de la cinta se procede a la colocación y vulcanización de la cinta de goma que es la que transporta el material de un punto hasta otro. De esto se encarga una empresa externa dedicada a estos procesos.

3.1.18 Montaje de la cinta apiladora en la columna central

Para la colocación de la cinta apiladora en su lugar definitivo de la columna central se emplea el uso de dos grúas con una capacidad individual de 100 toneladas cada una, esto para sujetar la cinta de la parte donde se encuentra el tambor de accionamiento y de donde se encuentra el tambor conducido.

El tambor de accionamiento se encuentra en la parte donde se une con la columna central por lo que el lado conducido se encuentra en el lado libre de la cinta apiladora. Al no estar aún instalado el sistema hidráulico que acciona el pistón que soporta y realizar el movimiento pendular de la cinta se coloca una estructura falsa que lo soporte hasta que se instale el grupo hidráulico.

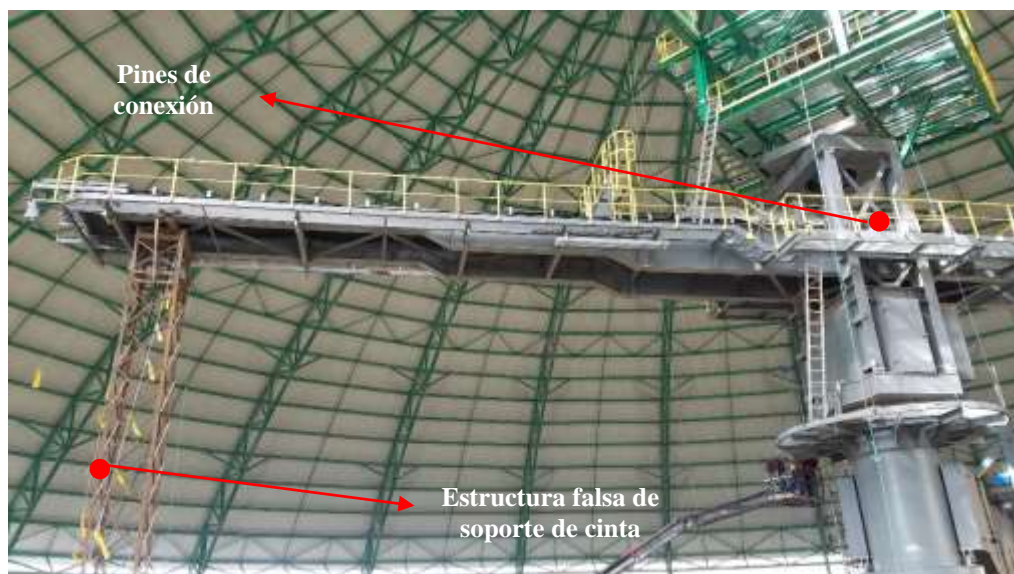


Figura 46-3: Cinta apiladora montada en columna central

Fuente: Autor

Se inicia la soldadura de la cinta apiladora con la estructura falsa con la cinta apiladora mediante método SMAW con electrodo E7018, mostrado en la Figura 46-3, para que la soporte mientras se la acoplaba en la columna central en las orejas de soporte donde se va a conectar la cinta apiladora con la columna central, además, este punto sirve de pibot para realizar el movimiento de subir y bajar la cinta para el apilado de caliza, se coloca rodamientos para un pasador de 90 mm para evitar el desgaste por contacto directo entre metales, Figura 47-3.

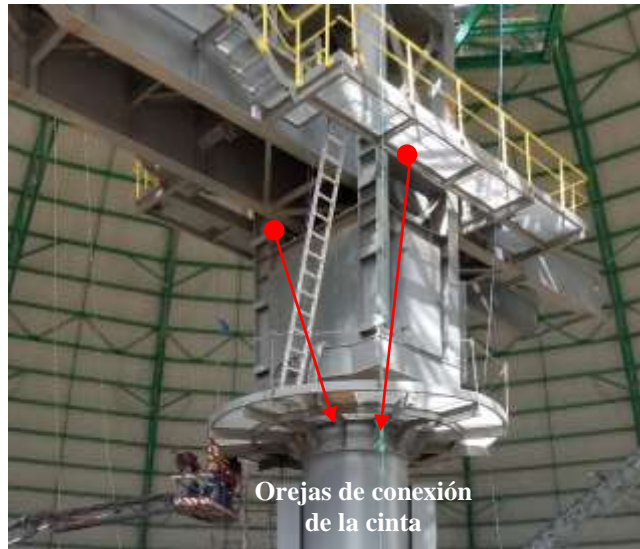


Figura 47-3: Conexión de cinta apiladora con columna central

Fuente: Autor

3.1.19 *Montaje de la viga puente con la columna central*

Para el montaje de la viga puente en la columna central se necesita el uso de tres grúas de 100 toneladas de capacidad ya que es la estructura más grande y pesada de todo el equipo, para ello se sujeta la viga puente en sus extremos y en el medio para facilitar el transporte a su lugar definitivo.

Se empieza colocando en un extremo de la viga puente sobre una estructura falsa para soportar su peso, como se lo observa en la Figura 48-3.



Figura 48-3: Viga puente sujeta sobre estructura falsa

Fuente: Autor

Posterior a la sujeción de la viga puente sobre la estructura falsa se procede a la colocación de pines de conexión y montaje de rodamientos en cada uno de ellos para que se soporte la carga y posibles movimientos para mantenimiento. En la conexión se colocan los pines dentro de las orejas con el rodamiento correspondiente y se fijan mediante la utilización de pernos M20 de calidad 8.8, para finalizar se aplica en torque requerido según el Anexo A. Quedando como se muestra en la Figura 49-3.

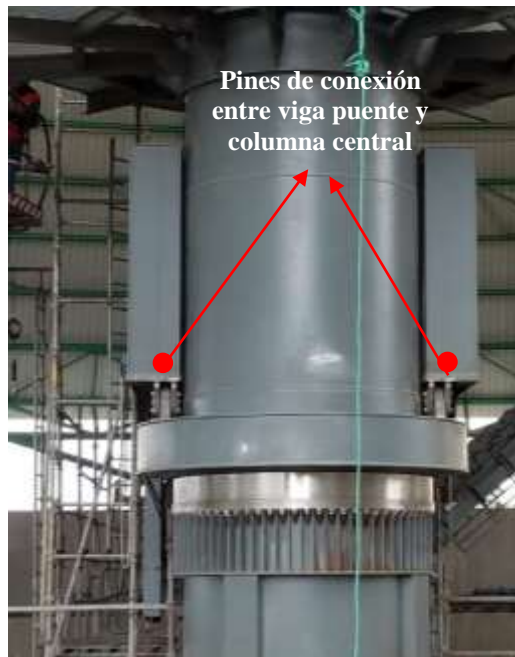


Figura 49-3: Columna central montada la viga puente

Fuente: Autor

Finalmente se libera la parte central de la viga puente para que se soporte su peso tanto en la estructura falsa como en la columna central, como lo observamos en la Figura 50-3.



Figura 50-3: Viga puente montada en columna central

Fuente: Autor

3.1.20 *Preensamble del bugie de traslación*

El bugie de traslación es el encargado del movimiento alrededor del parque que realiza la viga puente conjuntamente con el sistema de rastrillo y el rascador de cadena, además de soportar el peso estos elementos y la viga puente en un extremo de la misma, se desliza en los rieles circulares con las que cuenta nuestro parque de prehomogeneización. El bugie de traslación cuenta con dos soportes, el uno donde se encuentra el sistema motriz que cuenta con dos ruedas dentadas para un sistema de accionamiento con piñón, y la otra que consta de una rueda conducida por las otras dos.

Para empezar con este preensamble seleccionaremos todos los componentes constitutivos del mismo y se los lleva hacia el campo para poder iniciar con los trabajos de preensamble. Se verifica todas las dimensiones, tolerancias y directrices entregado por el fabricante.



Figura 51-3: Limpieza de la carcasa del bugie de traslación

Fuente: Autor

Se realiza la limpieza de la carcasa y los orificios donde ingresarán los ejes donde girarán las ruedas en los rieles de nuestro parque, como se observa en la Figura 51-3, cuando ya todo está limpio se colocan las ruedas en su lugar con el ingreso de los ejes en donde van a girar, tanto en el lado de accionamiento como en el conducido. Se los junta por medio de pernos M24 de calidad 8.8 con el puente de sujeción entre sí y se aplica el torque respectivo según el Anexo A. El lado de accionamiento se junta al puente por medio de una rótula empernada. Se realiza la soldadura de la rótula de conexión con la viga puente en la parte superior del puente entre las ruedas de accionamiento y la conducida. Esto se lo puede ver en la Figura 52-3.



Figura 52-3: Bugie de traslación preensamblado

Fuente: Autor

El accionamiento del bugie se realiza por medio de una transmisión por engranajes donde la rueda conducida cuenta con 54 dientes con un ángulo de 20° de contacto, mientras que el piñón de accionamiento cuenta con 30 dientes realizando una reducción con un ratio de 1,8 con el fin de que el movimiento de traslación se lo realice de una manera lenta de avance hacia la pila de material.

3.1.21 *Alineación y soldadura de rieles*

Los rieles son donde va a ir asentado el bugie de la viga puente y donde va a soportar el peso de la misma, es aquí donde se realiza el movimiento de traslación de la viga puente por lo que una correcta alineación y soldadura es muy importante para un correcto funcionamiento y larga duración de todo el sistema.

Se inicia con la colocación de los rieles a lo largo de todo el perímetro del parque se las va colocando en cada uno de sus tramos que de fábrica llegaron con la curvatura para la instalación en nuestro parque circular.



Figura 53-3: Colocación en campo de los rieles

Fuente: Autor

Como podemos ver en la Figura 53-3 se tiene agujeros para la sujeción de los rieles con el piso y definitiva cimentación de las mismas.

Procedemos a la cimentación de los pernos de sujeción, los cuales deben ser anclados en el piso para que soporte las cargas del paso del bugie de traslación, Figura 54-3, esto se lo realiza con el anclaje de los pernos con el suelo verificando la distancia entre el riel y la columna central que debe ser de 40 metros.



Figura 54-3: Colocación de pernos de fijación en rieles

Fuente: Autor

Después de nivelar y mantener una separación entre riel de 15 a 20 mm se procede a la aplicación de grouting de los pernos de sujeción donde se soportará la placa donde descansará el riel. Para una correcta aplicación del grouting y q no haya desplazamiento de los rieles después de ser alineadas, niveladas y calibradas con el centro de la columna central se construyen soportes artesanales, Figura 55-3, para este fin de alinear y mantener la distancia con el centro de la columna central.



Figura 55-3: Aplicación de grouting

Fuente: Autor

Luego de haber aplicado el grouting se procede a la soldadura de las uniones entre los rieles, esto se lo realiza mediante el proceso SMAW según el procedimiento de soldadura mostrado en el Anexo O donde se especifica cada uno de los parámetros utilizados para la unión definitiva de los rieles. En la Figura 56-3 se muestra la unión soldada entre rieles.



Figura 56-3: Unión soldada de rieles

Fuente: Autor

Posterior a la soldadura de los rieles al tener las mismas niveladas y alineadas se mantuvo una altura considerable desde el punto de grouting de los pernos con las placas de soporte donde se ajustarían los pernos de sujeción, por lo que se procede a la elaboración de una estructura de soporte inferior que posteriormente es fundida, se perfora el hormigón para la conexión del mismo con la barrilla corrugada utilizada en la elaboración de esta estructura, Figura 57-3.

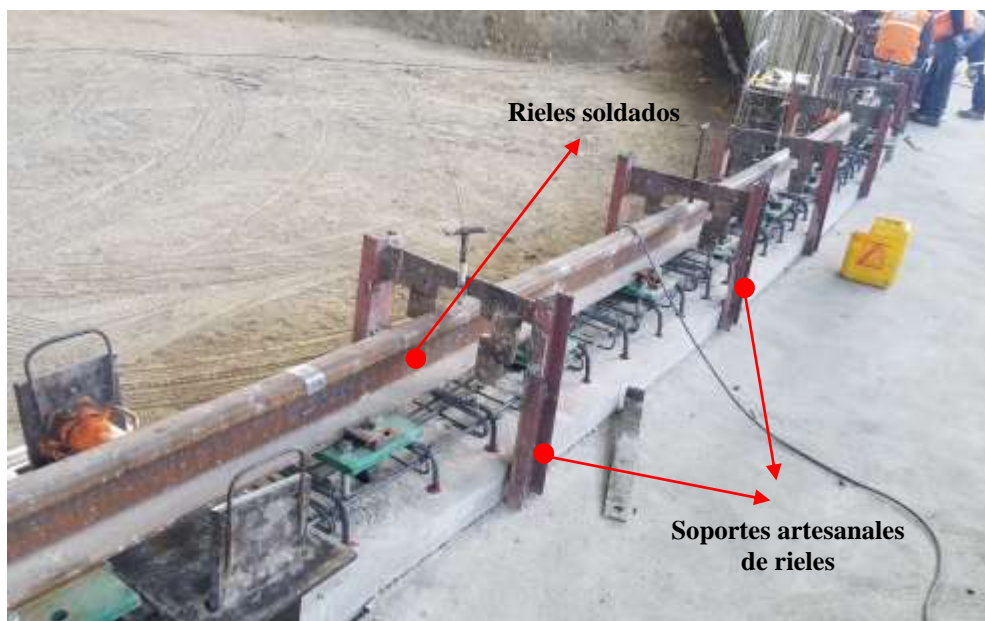


Figura 57-3: Elaboración de estructura para cimentación de rieles

Fuente: Autor

Este proceso se lo lleva a cabo por tramos ya que los soportes artesanales no se los realizó en gran número y se va comprobando la circularidad de cada uno de estos tramos permanentemente cada 1000 mm, se procede a la fundición de cada uno de los tramos de los rieles comprobando su circularidad antes de aplicar el hormigón, Figura 58-3.



Figura 58-3: Cimentación de la estructura con los rieles

Fuente: Autor

Finalmente, se le da un mejor acabado a la fundición y aplicación del torque a los pernos según la tabla de aprietes disponibles en el Anexo A para pernos M20 y M24 de calidad 8.8. El resultado final se observa en la Figura 59-3.



Figura 59-3: Alineación y soldadura de rieles terminado

Fuente: Autor

3.1.22 *Montaje del bugie sobre los rieles y viga puente*

Se coloca el bugie de traslación sobre los rieles y acopla a la viga puente esto se lo realiza con la ayuda de dos grúas, cada una con una capacidad de 100 toneladas, la una fue utilizada para la colocación del bugie sobre los rieles y el otro para levantar la viga puente y acoplar en la rótula de conexión entre el bugie y la viga puente, Figura 60-3.



Figura 60-3: Bugie de traslación montado en rieles y viga puente

Fuente: Autor

3.1.23 *Montaje del carro del rastrillo sobre la viga puente*

En montaje del carro del rastrillo se lo realiza con la ayuda de una grúa con capacidad de 100 toneladas, Figura 61-3, sujetándolo tanto de sus extremos y de la parte posterior que va montado en la parte posterior de donde se realiza el movimiento de traslación.



Figura 61-3: Grúa para izaje del carro del rastrillo

Fuente: Autor

Al estar suspendida la estructura se la debe ir asegurando cada parte para que se vaya acomodando las ruedas guía con los rieles donde se van a deslizar cuando se encuentre en funcionamiento. En la Figura 62-3 se puede observar el carro del rastrillo ubicado en su posición sobre la viga puente.



Figura 62-3: Carro del rastrillo ubicado sobre la viga puente

Fuente: Autor

3.1.24 Montaje de la estructura en celosía del rastrillo

La estructura en celosía del rastrillo es colocada en el carro del rastrillo con la ayuda de una grúa de 100 toneladas, nos ayuda a elevarla hasta los dos puntos de conexión entre el carro de rastrillo con la estructura en celosía para la colocar pines de 60 mm de diámetro.

Posterior a esto se realiza la colocación del cable que nos va a ayudar a regular la inclinación que debe poseer para que realice el trabajo de remover el material de la pila para que caiga hasta el rascador de cadena, Figura 63-3. El cable tiene un diámetro 20 mm con 6 alambres para soportar una carga estática de 50 KN ya que después de regular la inclinación mantiene esa posición.



Figura 63-3: Celosía de rastrillo colocado en sitio

Fuente: Autor

3.1.25 *Ensamble del rascador de cadena en la viga puente*

El rascador de cadena es el encargado de recoger el material que desapila el rastrillo y lo llevas hasta la columna central para que caiga en la tolva de descarga y sea llevado hacia las tolvas de almacenaje antes de ser dosificadas.

Para empezar con este proceso seleccionamos todos los componentes constitutivos del mismo y se los lleva hacia el campo para poder iniciar con los trabajos. Se inicia con la soldadura de la estructura de soporte donde se va a alojar el sistema del rascador de cadena, como se lo muestra en la figura 64-3. Para ello se sigue las directrices según el plano del fabricante.



Figura 64-3: Estructura soporte del rascador de cadena

Fuente: Autor

Posterior a esto se inicia con un punteo con soldadura SMAW y electrodo E7018, esto para ubicar las piezas en su posición y verificar su alineación y nivel con la ayuda del grupo de topografía, esto se lo realiza antes de realizar la soldadura definitiva con soldadura FCAW y electrodo E71T-1 cuando ya se ha verificado tanto nivel como alineación, Figura 65-3.



Figura 65-3: Estructura soporte del rascador de cadena

Fuente: Autor

Cuando ya se ha realizado la colocación de la estructura soporte y la soldadura definitiva se procede a la soldadura de los rieles donde se va a deslizar la cadena con los cangilones, como se muestra en la Figura 66-3, esto se lo realiza con soldadura FCAW y electrodo E71T-1.



Figura 66-3: Soldadura de rieles para cadena con cangilones

Fuente: Autor

Se colocan las ruedas tanto la dentada de accionamiento como la conducida para ser niveladas y colocadas en su posición final, Figura 67-3.



Figura 67-3: Ruedas conducidas del rascador de cadena

Fuente: Autor

Cuando se ha terminado este proceso se realiza la ubicación de las cadenas en cada lado de los rieles y ruedas de accionamiento como conducidas, en la Figura 68-3 se pueden observar las cadenas antes de ser montadas.



Figura 68-3: Cadena del rascador

Fuente: Autor

En la cadena previamente colocada se ubican los cangilones con pernos M24 y calidad 8.8 con su torque respectivo según el Anexo A, se tensa la misma desde el lado conducido a través del sistema hidráulico para quedar totalmente montado el sistema del rascador de cadena, como lo podemos ver en la Figura 69-3.



Figura 69-3: Cangilones ubicados en la cadena

Fuente: Autor

Para finalizar el montaje se colocan en su sitio todos los grupos motrices para que el grupo de eléctricos y electrónicos ingresen a la colocación de todos los componentes necesarios para un correcto funcionamiento y monitoreo de los equipos, dejando así listo para realizar las pruebas de funcionamiento del parque circular de prehomogeneización de caliza.

En la figura 70-3 podemos observar el grupo motriz de la columna central con una potencia en el motor de 2,2 KW y una velocidad de 1800 rpm, a este motorreductor se lo puede reconocer en el manual del fabricante como actuador multivuelatas.



Figura 70-3: Actuador multivuelas de la columna central

Fuente: Autor

En la Figura 71-3 se observa el accionamiento del carro del rascador con una potencia de motor de 22 KW y una velocidad de 1800 rpm, este le da el movimiento de ida y vuelta para el desapilado del material.



Figura 71-3: Motorreductor del carro del sistema de rastrillo

Fuente: Autor

En la Figura 72-3 tenemos el accionamiento de la cinta apiladora con una potencia en el motor de 30 KW y velocidad de 1800 rpm, mismo que se encuentra en el lado de conexión con la columna central.



Figura 72-3: Grupo motriz de la cinta apiladora

Fuente: Autor

Para el movimiento alrededor de los rieles del parque se utiliza el bugie, su accionamiento tiene una potencia en el motor de 5,5 KW y una velocidad de 1800rpm, mismo que se lo puede ver en la Figura 73-3.



Figura 73-3: Grupo motriz bugie de traslación

Fuente: Autor

Finalmente, el último grupo motriz es el encargado del accionamiento del rascador de cadena con una potencia en el motor de 55 KW y una velocidad de 1800 rpm, mostrado en la Figura 74-3, que lleva el material hasta el centro de la columna central para ser transportado hacia la tolva de almacenamiento antes de ser dosificado.



Figura 74-3: Grupo motriz del rascador de cadena

Fuente: Autor

En la figura 75-3 puede observar todos los componentes ya instalados y listo para empezar con las pruebas de funcionamiento.



Figura 75-3: Parque circular de prehomogeneización listo para pruebas de funcionamiento

Fuente: Autor

3.2 Pruebas de funcionamiento

En las presentes pruebas funcionamiento se busca verificar que todos los elementos del parque circular de prehomogeneización se han instalado de una manera correcta, se lo realiza al término que el grupo eléctrico-electrónico haya terminado de realizar todas las conexiones de los componentes eléctricos dentro del sistema. Se realiza primero pruebas en vacío de cada elemento.

Se realiza primero la prueba de funcionamiento en vacío del movimiento de la cinta apiladora que no tenga desalineamiento, se lo realiza con la activación desde el panel central que se encuentra en la parte superior de la viga puente. Se observa que no se posee desalineamiento en su trayectoria y lo realiza de una manera correcta, como se observa en la Figura 76-3.



Figura 76-3: Prueba de la cinta apiladora

Fuente: Autor

Al término de esto, se realiza la prueba de inclinación del brazo de la banda apiladora verificando el correcto funcionamiento del cilindro hidráulico, se lo regula de tal modo que en la posición más alta se posee un ángulo de $+10.5^\circ$ y en la parte más baja -17.5° con una presión de subida de 140 bares y de bajada de 100 bares, mientras que su presión de funcionamiento se tiene un valor de 84 bares. En la Figura 77-3 se puede observar tanto la posición más baja como la más alta de la cinta apiladora.



Figura 77-3: Prueba de inclinación del brazo de la cinta apiladora

Fuente: Autor

Cuando ya se ha realizado la verificación del correcto funcionamiento de la traslación de la banda de goma y la inclinación de la cinta apiladora se procede a probar el movimiento circular que realiza para el apilado de caliza, de este movimiento es responsable el actuador multivueltas en conjunto con la corona dentada que se encuentra en el centro de la columna central. Se enciende la señal de accionamiento desde la cabina de control y se comprueba el correcto acople entre el piñón y la corona que generan el movimiento circular del brazo de la cinta apiladora. En la Figura 78-3 se muestra la traslación que realiza la cinta.



Figura 78-3: Prueba de traslación circular del brazo de la cinta apiladora

Fuente: Autor

Después de ejecutar las pruebas de los movimientos que debe realizar la cinta apiladora se procede a verificar el correcto funcionamiento del sistema de rastrillo en su movimiento de traslación longitudinal a lo largo de la viga puente. Se observa que el movimiento de traslación del carro de rastrillo funciona correctamente sobre los rieles instalados sobre la viga puente por lo que se concluye un correcto funcionamiento de este equipo. Figura 79-3.



Figura 79-3: Prueba de traslación del sistema de rastrillo

Fuente: Autor

Cuando se ha verificado que el resto de componentes del sistema funciona correctamente se verifica el movimiento de traslación alrededor de los rieles circulares, mismo que es encargado el bugie de traslación instalado en la viga puente. Se manda la señal desde la cabina de mando y se observa el movimiento alrededor de los rieles donde va asentado el bugie de traslación. Se observa que todo va acorde a las especificaciones del fabricante por lo que se concluye la prueba con resultados de un correcto funcionamiento de este elemento. Figura 80-3.



Figura 80-3: Prueba de traslación circular de la viga puente

Fuente: Autor

Para finalizar las pruebas en vacío se realiza la prueba del rascador de cadena encargado de llevar el material hacia el centro de la columna central y sea llevado a través de una cinta transportadora hacia las tolvas de almacenamiento. Se procede a mandar la señal desde la cabina de mando para que se inicie con la prueba y observar el desplazamiento que realiza la cadena en conjunto con los cangilones, se observa que el desplazamiento es el correcto tanto del lado de accionamiento como el conducido dando así por terminada la prueba de este elemento. Figura 81-3.



Figura 81-3: Prueba del rascador de cadena

Fuente: Autor

Al concluir todas las pruebas individuales de cada uno de los elementos en vacío, se realiza una prueba conjunta de los componentes con su carga de trabajo, realizando el movimiento en conjunto de todo el sistema de prehomogeneización, como podemos observar en la figura 82-3 ya se realiza la elaboración de una pila de caliza la cual se transporta desde la trituradora que se encuentra en una estación previa a la prehomogeneización.



Figura 82-3: Prueba con carga de todo el sistema de prehomogeneización

Fuente: Autor

3.3 Seguridad industrial para montaje y pruebas de funcionamiento del parque circular de prehomogeneización de caliza

En la aplicación de la seguridad tanto dentro del proyecto como en el resto de la planta, se sigue las normativas vigentes dentro del país como los tratados internacionales, se lo realiza en conjunto con varias normas de seguridad como el decreto ejecutivo 2393, normas americanas (OSHA), INEN 2245, entre otras.

Una parte muy importante para la elaboración del presente trabajo de titulación es pensar en las medidas de seguridad que se ha tomado en cuenta tanto en el montaje como en las pruebas de funcionamiento del equipo. Se debe tener en cuenta que el estar presente en el campo donde se realiza todos los procedimientos necesarios para el montaje de los equipos, se está expuesto a una gran cantidad de accidentes o incidentes laborales, por lo que tomar en cuenta la seguridad industrial es de suma importancia.

En esta sección se va a enunciar las medidas de seguridad que se mantiene dentro del proyecto para evitar posibles accidentes o incidentes en el personal que colabora para el montaje de nuestro equipo. En la Figura 83-3 podemos observar el uso obligatorio de todos los elementos de protección requeridos para ingresar al campo.



Figura 83-3: EPP requerido dentro del proyecto

Fuente: Autor

Lo primordial es llegar a las personas para generar conciencia, que el uso del EPP (Equipo de protección personal) tiene el fin de salvaguardar su integridad, los principales elementos que se debe usar cuando se está en el campo son: casco, gafas (claras y oscuras), zapatos de seguridad (con punta de acero), guantes, chaleco de color fuerte, cintas reflectivas en la ropa, mascarilla, orejeras, arnés (para trabajos en alturas), entre otros según el ambiente en el que se va a desarrollar

el trabajo. En la Figura 84-3 se presenta a obreros con todos los elementos de EPP necesarios para realizar un trabajo en campo.



Figura 84-3: EPP utilizado por los obreros dentro del proyecto

Fuente: Autor

Además del uso de EPP se utiliza la señalización de las zonas de peligro o restricción de ingreso según sea necesario, la cinta amarilla nos sirve para acordonar una zona a la que se debe ingresar por un lugar determinado considerado como “puerta”, las acordonadas con cinta roja nos muestra una zona de acceso restringido a la que se podrá acceder cuando el supervisor de seguridad considere seguro o se haya terminado un trabajo de riesgo para las personas que ingresen a dicha zona. También se carteles de señalización para ayuda visual. Como se muestra en la Figura 85-3.



Figura 85-3: Señalética dentro del proyecto

Fuente: Autor

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Conclusiones

Mediante el estudio bibliográfico se determinó los mejores procedimientos para realizar una correcta instalación de los componentes y elementos del parque circular de prehomogeneización.

El parque circular de prehomogeneización de caliza se encarga de minimizar la variabilidad en el contenido de carbonato de calcio en la caliza, captando el material triturado y apilándolo para posteriormente por medio del rastrillo sea desapilado y llevado por el rascador hacia la columna central para ser trasladado hacia las tolvas de almacenamiento.

El parque circular de prehomogeneización de caliza cuenta con seis sistemas principales para realizar su cometido, la columna central que nos ayuda a soportar las cargas y ser el centro de todo el equipo, la cinta apiladora encargada de formar la pila de caliza triturada, la viga puente destinada a ser el soporte tanto del sistema de rastrillo, rascador de cadena y el bugie de traslación, el sistema de rastrillo en cual se encarga del desapilado del material, el rascador de cadena que lleva el material después de ser desapilado hacia el centro de la columna central para que caiga en la descarga hacia una cinta transportadora que llega a las tolvas de almacenamiento, y finalmente tenemos el bugie de traslación que genera el movimiento alrededor de las rieles circulares, mostrado cada uno de ellos en la Tabla 1-4.

Tabla 1-4: Componentes del parque circular de prehomogeneización.







Descripción	Gráfico
1 Columna Central	

Tabla 1-4: (continuación)Componentes del parque circular de prehomogeneización.

Descripción	Gráfico
2 Viga Puente	
3 Cinta Apiladora	
4 Sistema de Rastrillo	
5 Rascador de cadena	
6 Bugie de Traslación.	

Realizado por: Autor,2018

Fuente: Elaboración Propia

El tener una buena cimentación dentro de todo el parque circular con una resistencia de 350 kg/cm² ayudó al soporte todas las cargas de los elementos del parque circular de prehomogeneización de caliza.

Para tener un correcto funcionamiento se tuvo en cuenta que cada uno de los componentes sean colocados en su respectivo lugar del modo correcto y respetando las especificaciones del fabricante.

La estructura de los componentes dentro del parque circular de prehomogeneización está elaborada en acero AISI A36, esto debido a que la estructura no debe soportar grandes esfuerzos para que sea necesaria la utilización de un material con mejores características mecánicas, lo que generaría mayores costos de construcción y montaje.

Para los procedimientos de soldadura se utilizó la norma AWS D1.1 (Anexo C) tanto para el proceso SMAW con electrodo E7018 para colocar puntos de unión soldada en los elementos, y el proceso FCAW con electrodo E71T-1 para realizar la soldadura definitiva de los elementos a ser unidos permanentemente. Estos electrodos son equivalentes pero utilizados respectivamente en cada tipo de proceso. Para la verificación de un correcto proceso de soldadura se realizaron pruebas de control de calidad mediante métodos superficiales como la inspección visual y el uso de tintas penetrantes, además, se usó también métodos volumétricos con el uso de ultrasonido.

Se realizó el acople de los elementos mediante uniones desmontables con el uso de pernos y tuercas utilizando la norma ISO 898-1 (Anexo B) que regula las características mecánicas que deben poseer dichos elementos, siempre respetando el torque de apriete según las indicaciones suministradas por el fabricante según su grado y tamaño con el que se contó en el Anexo A. Dentro de la instalación se utilizó una gran variedad de tamaños de pernos según el esfuerzo al que van a ser sometidos, en su gran mayoría de grado 8.8 y en caso especial de las coronas giratorias de grado 10.9 con mejores propiedades mecánicas que los anteriores para soportar mayores cargas de trabajo.

El transporte de los elementos hacia el campo y a su ubicación definitiva fue importante la utilización de orejas de transporte para facilitar su sujeción mediante el uso de fajas de transporte para ser aseguradas y grúas de 100 toneladas para su traslado.

La verificación de que se encuentren todos los componentes pertenecientes al parque circular ayudó a que sean colocados en su sitio y alertar oportunamente la falta de alguno de ellos para la búsqueda de una solución oportuna.

Se siguió la secuencia de montaje que suministró el fabricante empezando con el preensamble de la columna central, viga puente, cinta apiladora, sistema de rastrillo y finalmente, el bugie de traslación, posterior a ello se procedió al acople de cada uno de ellos en su posición de funcionamiento con las recomendaciones para ser instalados de manera correcta y segura tanto para los componentes como para los trabajadores.

Se realizó las pruebas de funcionamiento para asegurarnos que cada uno de los elementos del equipo funcionen de acuerdo a las características que nos dice el manual para asegurar que su vida útil dentro de la planta sea el esperado para aproximadamente 50 años de funcionamiento.

Finalmente se obtuvo un sistema de prehomogeneización de mejores características que el sistema que se está utilizando actualmente mostrado en la Tabla 2-4:

Tabla 2-4: Comparación entre sistemas de prehomogeneización.

Parámetro	Sistema en funcionamiento	Sistema instalado	Mejoras
Método de apilado	Chevron	Chevcon	Menos tiempo
Sistema	Longitudinal	Circular	Mayor almacenamiento en menor espacio
Capacidad de almacenaje	16 000 Ton	31 000 Ton	200%
Capacidad de apilado	110 Ton/h	1200 Ton/h	1000%
Capacidad de desapilado	100 Ton/h	400 Ton/h	400%
Sistema de desapilado	Reclamador	Rastrillo	Mejor eficacia homogeneizadora
Factor de homogeneización	4:1	4:1	

Realizado por: Autor, 2018

Fuente: Elaboración Propia

4.2 Recomendaciones

Para asegurar una larga vida útil del parque circular de prehomogeneización de caliza se recomienda seguir con las indicaciones suministradas por el fabricante dentro del manual de operación, esto nos garantizará y alargará al máximo la vida del equipo.

Dentro de una planta industrial es de suma importancia el mantenimiento adecuado de la maquinaria por lo que se recomienda la elaboración de un manual de mantenimiento de cada uno

de los elementos constitutivos parque circular de prehomogeneización, lo que garantizará una larga vida útil y un óptimo funcionamiento dentro de la planta.

Por la gran cantidad de elementos móviles que se tiene dentro del equipo se recomienda una adecuada lubricación en cada uno de ellos, esto evitará deterioros prematuros en los mismos que generarían altos costos en mantenimiento.

Debido al desgaste en cangilones, estructura de sacrificio del rastrillo, rodillos portadores entre otros elementos se sugiere la toma de dimensiones iniciales y el desgaste para evitar paros inesperados por falla en los mismos

BIBLIOGRAFÍA

3M. *Catálogo de productos 3M Ferretería.* [En línea] 2016. [Citado el: 26 de Julio de 2018.] Disponible en: <http://multimedia.3m.com/mws/media/572099O/ferreteria.pdf>.

ACE. The Electoral Knowledge Network. *Verificación, Prueba y Mantenimiento de los equipos.* [En línea] 2016. [Citado el: 10 de Junio de 2018.] Disponible en: <http://aceproject.org/main/espanol/et/default>.

AEC SHIFT. *Planos de fabricación.* [En línea] 2017. [Citado el: 26 de Marzo de 2018.] Disponible en: <http://www.aecshift.com/aec-bim-1/servicios/cubicaciones/>.

AWS D 1.1. *Código de soldadura Estructural - Acero.* 2000. [Citado el: 23 de Junio de 2018.]

Blogger. *Proceso de producción del Cemento.* [En línea] 24 de Julio de 2013. [Citado el: 10 de Junio de 2018.] Disponible en: http://cemento.ind.com.bo/2013/07/proceso-de-produccion-del-cemento_24.html.

CNICE. *Tornillo.* [En línea] 2006. [Citado el: 30 de Marzo de 2018.] Disponible en: http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/operadores/ope_tornillo.htm.

COMESAÑA COSTA, Pablo. *Montaje e Instalación en planta de máquinas insdustriales.* España : IdeasPropias, 2004. 84-96153-68-1. pp. 3, 112, 131, 132, 134, 135, 139, 153.

CPE INEN 019. 2001. *Código Eléctrico nacional - Cap 3*

DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS. *¿Qué es soldadura SMAW?* [En línea] 07 de Julio de 2013. [Citado el: 03 de Abril de 2018.] Disponible en: <http://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/soldadura-smaw-que-es-y-procedimiento>.

DUDA, Walter. *Manual Tecnológico del Cemento.* Barcelona : Editores Técnicos Asociados S.A., 1977. 84-7146-095-5. pp. 1, 2, 3, 161, 162, 163, 164.

EMAZE. *Materiales conglomerantes secundarios.* [En línea] 2018. [Citado el: 05 de Abril de 2018.] Disponible en: <https://www.emaze.com/@ACIOIFRR>.

GOMÁ, F. *El Cemento Portland y otros aglomerantes.* Barcelona : Editores Técnicos asociados S.A., 1979. 84-7146-192-7. pp. 67, 68.

GOMEZ DE LA TORRE, M. *Estudio de Cementos y Materiales relacionados por el método de Rietveld*. [En línea] (tesis) (Doctoral) Universidad de Málaga de 2003. [Citado el: 15 de Marzo de 2018.] Disponible en: <http://webdeptos.uma.es/qicm/images/mangel.pdf>.

GONZÁLES, Carlos & ZELNY, Ramón. *METROLOGÍA*. México D.F. : McGRAW-HILL, 1995. 970-10-0370-5. pp. 68, 83, 380.

HERNÁNDEZ, Miguel. UNIVERSITAS. *Cadena cinemática motor*. [En línea] 19 de Septiembre de 2014. [Citado el: 25 de Marzo de 2018.] Disponible en: <http://dibujotecnico.edu.umh.es/category/conjunto-cadena-cinematica-motor/>.

HERRERO BOSCH. *Soportes antivibratorios caucho-metal*. [En línea] 2015. [Citado el: 15 de Abril de 2018.] Disponible en: <http://www.herrerobosch.com/soportes-antivibratorios-caucho-metal-tipo-sm-p-2008.html?osCsid=1a585ab63a479dfbe47b180fe39ddf4e>.

HILTI. *Anclajes de expansión*. [En línea] 2018. [Citado el: 15 de Abril de 2018.] Disponible en: <https://www.hilti.es/anclajes-de-fijaci%C3%B3n/anclajes-de-expansi%C3%B3n/r5232#nav%2Fclose>.

IECA, (Instituto Español del Cemento y sus aplicaciones). INTRANET. *Historia del Cemento*. [En línea] 2017. [Citado el: 15 de Marzo de 2018.] Disponible en: <https://www.ieca.es/historia-del-cemento/>.

INECYC, (Instituto Ecuatoriano del cemento y del hormigón). *Comercialización anual de cemento gris por empresa*. [En línea] 2017. [Citado el: 18 de Marzo de 2018.] Disponible en: <http://www.inecyc.org.ec/comercializacion-anual-de-cemento-gris-por-empresa/>.

INECYC, (Instituto Ecuatoriano del cemento y del hormigón). *Importaciones de cemento y clinker*. [En línea] 2017. [Citado el: 20 de Marzo de 2018.] Disponible en: <http://www.inecyc.org.ec/importacion-de-cemento-y-clinker/>.

INEN. Instituto Ecuatoriano de Normalización. *Proceso de calibración de instrumentos de medida es ahora virtual*. [En línea] 2018. [Citado el: 10 de Junio de 2018.] Disponible en: <http://www.normalizacion.gob.ec/el-proceso-de-calibracion-de-instrumentos-de-medida-es-ahora-virtual/>.

ISO 898-1. *Propiedades mecánicas de elementos de fijación fabricados en acero y aleaciones*. 2009. [Citado el: 20 de Agosto de 2018.]

LÍDERES. *En Ecuador, el consumo de cemento crece a ritmo sostenido.* [En línea] 2013. [Citado el: 20 de Marzo de 2018.] Disponible en: <https://www.revistalideres.ec/lideres/ecuador-consumo-cemento-crece-ritmo.html>.

LÓPEZ, Miguel. DOCPLAYER. *Clasificación de los tipos de soldadura* . [En línea] 2016. [Citado el: 28 de Marzo de 2018.] Disponible en: <https://docplayer.es/15940873-Clasificacion-de-los-tipos-de-soldadura.html>.

MAPA. *Catálogo de guantes de protección.* [En línea] 2017. [Citado el: 12 de Abril de 2018.] Disponible en: http://www.mapa-pro.es/fileadmin/user_upload/CATALOGO_MAPA_PROFESSIONNEL.pdf.

MARIN, Andres. Soldadura y Estructuras. *Proceso FCAW.* [En línea] 2016. [Citado el: 02 de Abril de 2018.] Disponible en: <http://soldadurayestructuras.com/proceso-fcaw.html>.

MARQUÉZ, Cristina. LÍDERES. *Unión Cementera Produce más.* [En línea] 22 de Marzo de 2015. [Citado el: 20 de Marzo de 2018.] Disponible en: <https://www.revistalideres.ec/lideres/union-cemento-produccion-ecuador.html>.

MEDIAVILLA, Alejandra & CHURUCHUMBI, Marisol. *Intalación de una máquina continua de hilar marca: Zinser 451 para la empresa textil Interfibra S.A.* [En línea] 7 de (tesis) (Tecnología) Escuela Politécnica Nacional Mayo de 2013. [Citado el: 22 de Marzo de 2018.] Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/6349>.

MI. *Colores de cables eléctricos utilizados en instalaciones electricas.* [En línea] 09 de Diciembre de 2012. [Citado el: 20 de Abril de 2018.] Disponible en: <http://mejoreslinks.masdelaweb.com/colores-de-cables-electricos-utilizados-en-instalaciones-electricas/>.

MONTALVÁN, Ramón, et al. *Estudio y aplicación normativa en la fabricación de cemento.* [En línea] (tesis) (Ingeniería) Universidad Politécnica Nacional (México) de 2010. [Citado el: 10 de Junio de 2018.] Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/7781/I2.1198.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

NIMEX. Electrónica y más. *Amperimetro analogico panel 5A DC.* [En línea] 2018. [Citado el: 25 de Abril de 2018.] Disponible en: <http://electronicaymas.com/medidores-de-panel/5826-amperimetro-analogico-panel-5a-dc-44x44mm.html>.

NIMEX. Electrónica y más. *Voltímetro analógico panel 0-60V DC*. [En línea] 2018. [Citado el: 25 de Abril de 2018.] Disponible en: <http://electronicaymas.com/medidores-de-panel/5876-voltimetro-analogico-panel-0-60v-dc-44x44mm.html>.

PORTER Distribuidora. *Reloj comparador Mitutoyo 2109S-10*. [En línea] 2018. [Citado el: 05 de Abril de 2018.] Disponible en: <https://porter.com.py/mitutoyo-2109S-10-reloj-comparador>.

Rittal LTD. *Nuevo adaptador para RiLine60 de Rittal*. [En línea] 04 de Agosto de 2014. [Citado el: 15 de Abril de 2018.] Disponible en: <https://rittallimited.wordpress.com/tag/busbar/>.

SACYR. *Sacyr Industrial entra en Ecuador con la ampliación de una planta de cemento por 150 millones de euros*. [En línea] 12 de Abril de 2016. [Citado el: 22 de Marzo de 2018.] Disponible en: http://www.sacyr.com/es_es/canales/canal-actualidad/noticias/destacados/2016/Adjudicacion/11042016-Adjudicacion-cementera-ecuador.aspx.

SoloStocks. *Nivel de Presición lineal ALCA 200x40 mm*. [En línea] 15 de Junio de 2017. [Citado el: 05 de Abril de 2018.] Disponible en: <https://www.solostocks.com/venta-productos/medidores-calibradores/indicadores-nivel/vogel-360415-nivel-precision-aluminio-27893870>.

ST . Sociedad de Tasación. *Breve historia del Cemento*. [En línea] 14 de Octubre de 2016. [Citado el: 15 de Abril de 2018.] Disponible en: <https://www.st-tasacion.es/es/mas-alla-del-valor/breve-historia-del-cemento.html>.

TAFENELL, Xavier. Universidad Pompeu Fabra. *En los orígenes de la ISI: La industria del Cemento en Latinoamérica, 1900-1930*. [En línea] 2006. [Citado el: 18 de Marzo de 2018.] Disponible en: <http://www.helsinki.fi/iehc2006/papers3/Tafunell.pdf>.

THYSSENKRUPP. *Parque circular de prehomogeneización*. Essen (Alemania) : s.n., 2018.

UCEM. *Cementos*. Riobamba : s.n., 2017.

UCEM. Resolución No. UCEM-PCH-CP-GG-220_2015 . *Importación de Clinker*. [En línea] 28 de Mayo de 2015. [Citado el: 16 de Marzo de 2018.] Disponible en: <http://www.cementochimborazo.com/index.php/proceso/pro-eje-2015/pro-eje-2024?download=145:pch-40-15>.

ULHI. *Interpretación de planos de conjunto*. [En línea] 2010. [Citado el: 25 de Marzo de 2018.] Disponible en: https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/PPFM/IG/IG07/es_PPFM_IG07_Contenidos/singlepage_index.html.

VIDAUD, E. Construcción y Tecnología en concreto. *De la historia del Cemento*. [En línea] 28 de Octubre de 2013. [Citado el: 15 de Marzo de 2018.] Disponible en: <http://www.revistacyt.com.mx/index.php/ingenieria/60-de-la-historia-del-cemento>.

VILLAGRAN, Victor. Suministro de Materiales Eléctricos. *Que son las bornas eléctricas*. [En línea] 04 de Marzo de 2016. [Citado el: 22 de Abril de 2018.] Disponible en: <http://jdelectricos.com.co/las-bornas-electricas/>.

WIKIPEDIA. *Cemento*. [En línea] 26 de Septiembre de 2017. [Citado el: 15 de Marzo de 2018.] Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Cemento>.

WIKIPEDIA. *Instrumento de medición*. [En línea] 25 de Enero de 2018. [Citado el: 02 de Abril de 2018.] Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Instrumento_de_medici%C3%B3n.

XINDAR. XINDAR applied electronics. *Multímetro digital compacto*. [En línea] 2018. [Citado el: 23 de Abril de 2018.] Disponible en: <http://xindar.com/producto/multimetro-digital-compacto-dp1000-031/>.

YACUBSON. depositphotos. [En línea] 05 de Julio de 2013. [Citado el: 25 de Abril de 2018.] Disponible en: <https://mx.depositphotos.com/27714347/stock-photo-close-up-of-an-vintage.html>.

ZABALETA GARCIA, Luis Gustavo. SCRIBD. *CEMENTOS*. [En línea] 09 de Marzo de 2012. [Citado el: 18 de Marzo de 2018.] Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/84736297/CEMENTOS>.